

Universidad Pública de Navarra

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERIOS AGRÓNOMOS**

Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**NEKAZARITZAKO INGENIARIEN
GOI MAILAKO ESKOLA TEKNIKO**

**DESARROLLO DE UN SNACK DE PAN INCORPORANDO HARINA DE
*Alphitobius diaperinus***

presentado por

Ana Pombo Losada (e)k

aurkeztua

**GRADO EN INNOVACIÓN EN PROCESOS Y PRODUCTOS ALIMENTARIOS
*GRADUA ELIKAGAI PROZESU ETA PRODUCTUEN BERRIKUNTZAN***

Marzo, 2018 / 2018, Martxoa

ABSTRACT

Edible insects are portrayed as a promising source of proteins to address the needs of the growing world population given their interesting nutritional profiles and the fact that their production is more environmentally friendly than conventional protein sources. However, in Western countries, where insect consumption is not traditional, rejection of these products is common. To overcome the disgust factor, it is essential to identify the tolerance threshold of potential consumers and develop tolerable products. One way to facilitate acceptance in a conventional western diet is to incorporate insects as a powder in common food products. In the present work, a powder produced from *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) larvae was incorporated into bread snacks in six different proportions, from 0 % to 12.5 %. Moisture, size, firmness and color of the bread snacks were analyzed and, while moisture was not affected by the amount of insect powder, firmness decreased and color darkened with increasing insect powder proportions. In a sensory analysis carried out with ETSIA students, snacks with 2.5 % insect powder were highly accepted, as they received scores statistically similar to those of the control snacks, in all parameters analyzed. However, snacks with 5.0 % insect powder or higher proportions received significantly lower scores, particularly in taste and after taste. An estimation of the snacks nutritional composition and cost suggested that those with 5.0 % *A. diaperinus* powder or higher could be labelled as “source of protein” but their cost was greatly increased.

Key words: bread, snack, insect powder, entomophagy, edible insects, *Alphitobius diaperinus*.

RESUMEN

Los insectos comestibles se presentan como una fuente de proteínas prometedora para satisfacer las necesidades de la creciente población mundial debido a sus interesantes perfiles nutricionales y a que su producción es más ecológica que las fuentes de proteínas convencionales. Para superar la aversión hacia estos productos en los países occidentales, donde el consumo no es tradicional, es esencial identificar el umbral de tolerancia de los consumidores potenciales y desarrollar productos aceptables. Una forma de facilitar la acogida en una dieta occidental convencional es incorporar harina de insecto en productos alimenticios comunes. En el presente trabajo se incorporó harina de larvas de *Alphitobius diaperinus* (Coleóptera: Tenebrionidae) en snacks de pan en seis proporciones diferentes, de 0 % a 12,5 %. Se analizó humedad, firmeza, dimensiones y color de los productos. La humedad no se vio afectada, aunque la firmeza disminuyó y el color se oscureció conforme aumentaban las proporciones de harina de insecto. En un análisis sensorial realizado con estudiantes de la ETSIA, los snacks con 2,5 % de harina de insecto fueron altamente aceptados, recibiendo puntuaciones estadísticamente similares al producto control en todos los parámetros analizados. Los snacks con un 5,0 % o más de harina de insecto recibieron valoraciones significativamente más bajas, particularmente en sabor y regusto. Una estimación de la composición nutricional y el coste del producto determinó que los colines con porcentajes iguales o superiores al 5,0 % podrían etiquetarse como “fuente de proteína”, pero su coste se incrementaría considerablemente.

Palabras clave: pan, snack, harina de insecto, entomofagia, insectos comestibles, *Alphitobius diaperinus*.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	7
1.1.	Composición nutricional de los insectos	10
1.2.	Incorporación de los insectos en los alimentos	11
1.3.	Los tenebriónidos como insectos comestibles	14
2.	OBJETIVOS Y PLAN DE INVESTIGACIONES	17
2.1.	Objetivos	17
2.2.	Plan de investigaciones	17
2.2.1.	Diseño experimental	17
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
2.1	Materiales	19
2.1.1	Materias primas básicas.....	19
2.1.2.	Harina de <i>Alphitobius diaperinus</i>	19
2.2.	Equipamiento e instrumentación de análisis	20
2.2.1.	Maquinaria	20
2.2.2.	Equipos de análisis	20
2.2.3.	Materiales auxiliares	20
2.3.	Formulaciones	20
2.4.	Proceso de elaboración	21
2.5.	Análisis instrumentales	23
2.5.1.	Humedad	23
2.5.2.	Dimensiones	23
2.5.3.	Firmeza	23
2.5.3.	Color	24
2.6.	Evaluación sensorial	25
2.7.	Análisis estadísticos.....	27
3.	RESULTADOS	28
3.6.	Medidas instrumentales.....	28
3.6.1.	Humedad	28
3.6.2.	Dimensiones	28

3.6.3.	Firmeza	28
3.6.4.	Color	29
3.6.5.	Composición nutricional.....	33
3.6.6.	Evaluación sensorial	36
3.6.7.	Coste de producción del producto.....	39
4.	BIBLIOGRAFÍA.....	42
5.	ANEXOS	47
	Anexo 1. Ficha de cata.....	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Sabores de alimentos tradicionales con los que se comparan algunos insectos.....	13
Tabla 2.	Contenido de proteína y grasa de tenebriónidos (g/kg MS) en distintas etapas de desarrollo.	15
Tabla 3.	Composición nutricional de las materias primas básicas (g por 100 g).	19
Tabla 4.	Precio/kg (euros) de las materias primas básicas.	19
Tabla 5.	Composición nutricional de la harina de <i>A. diaperinus</i> (g por 100 g).	20
Tabla 6.	Proporciones de materias primas de la formulación inicial.	20
Tabla 7.	Formulaciones de las masas elaboradas.....	21
Tabla 8.	Resultados de las medidas de humedad de los distintos ensayos.....	28
Tabla 9.	Resultados de las medidas de las dimensiones de los ensayos.	28
Tabla 10.	Parámetros CIELAB de las harinas de trigo y de insecto.	30
Tabla 11.	Parámetros CIELAB de la masa para los distintos ensayos.	31
Tabla 12.	Parámetros CIELAB de la corteza para los distintos ensayos.....	32
Tabla 13.	Parámetros CIELAB de la miga para los distintos ensayos.	33
Tabla 14.	Composición nutricional por 100 g de producto final.....	34
Tabla 15.	Composición nutricional del pan de <i>Acheta domesticus</i> (Fazer) por 100 g de producto.....	35
Tabla 16.	Resultados de los parámetros del análisis sensorial.	36
Tabla 17.	Correlaciones lineales entre los atributos sensoriales.....	37
Tabla 18.	Coste de materias primas para 1 kg de masa (euros).	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Número de especies de insectos comestibles por país.	7
Figura 2. Comparación entre la eficiencia de conversión y la proporción de animal comestible (a) entre los <i>T. molitor</i> y otros animales de granja (a). Necesidades de agua (b), emisión de gases de efecto invernadero (c) y cantidad de energía necesaria (d) en la cría de ganado vacuno, porcino, aves, leche y <i>T. molitor</i> . Gráficas elaboradas a partir de los datos de Oonincx y De Boer (2012) y Miglietta et al. (2015) para <i>T. molitor</i> y De Vries y De Boer (2010) para el ganado convencional. Las barras oscuras y las claras en c y d se corresponden con los valores mínimos y máximos, respectivamente, de los rangos obtenidos.	9
Figura 3. Progenie media anual producida por distintos animales de granja y por <i>T. molitor</i> en tres meses (cedida por D. Muñoz).	10
Figura 4. Productos comercializados que incluyen harina de <i>A. domesticus</i> : pan (izquierda) y pasta (derecha).	13
Figura 5. Ciclo de vida de <i>A. diaperinus</i>	15
Figura 6. Productos alimenticios con harina de tenebriónidos. De izquierda a derecha: harina de <i>A. diaperinus</i> , galletas con <i>T. molitor</i> , mantequilla de cacahuete con <i>A. diaperinus</i> , pasta con <i>T. molitor</i>	16
Figura 7. Productos alimenticios con tenebriónidos enteros. De izquierda a derecha: chocolatinas con <i>T. molitor</i> , granola con <i>A. diaperinus</i> y piruleta con <i>T. molitor</i>	16
Figura 8. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de los colines.	22
Figura 9. De izquierda a derecha: amasadora de espiral, armario de fermentación controlada y horno de convección.	22
Figura 10. Calibre digital.	23
Figura 11. Texturómetro TA.TX. PLUS (Stable Micro Systems Texture Analyzer) (izquierda), sonda de corte y cizalla HDP/BS (derecha).	23
Figura 12. Sistema de análisis de imagen digital Digieye.	24
Figura 13. Disposición de colines en Digieye para medir el color de la corteza.	25
Figura 14. Harina de trigo (izquierda) y harina de <i>A. diaperinus</i> (derecha).	30
Figura 15. Vista de las masas elaboradas con distintos porcentajes de harina de insecto.	30
Figura 16. Colines con distintos porcentajes de harina de <i>A. diaperinus</i>	31
Figura 17. Vista de rebanadas de colines listas para su medición en el Digieye.	32
Figura 18. Medida de luminosidad (L^*) en masa, miga y corteza de todos los ensayos.	33
Figura 19. Contenido de proteínas, grasas e hidratos de carbono de los distintos ensayos.	34
Figura 20. Valoración de los catadores de los distintos parámetros.	37
Figura 21. Impresión global de las muestras en función del sexo de los jueces.	38
Figura 22. Impresión global de las muestras en función del Grado de procedencia de los estudiantes.	38
Figura 23. Suma de ordenaciones de cada muestra evaluada.	39

1. INTRODUCCIÓN

La incorporación de nuevos productos en la alimentación humana es una necesidad acuciante para cubrir la creciente demanda de alimentos, principalmente proteicos, que se prevé para las próximas décadas (United Nations & Department of Economic and Social Affairs (population division), 2017). Según el pronóstico de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la superficie destinada al ganado convencional tendría que crecer un 70 % para alimentar a la población del planeta en 2050, cuando se pronostica que alcance los 9.000 millones de personas (de Oliveira, da Silva Lucas, Cadaval, & Mellado, 2017). Este aumento de población y consumo está imponiendo demandas sin precedentes de los recursos naturales. Por ejemplo, se calcula un aumento en la demanda de proteínas de alta calidad derivadas de los animales que requerirá un incremento proyectado del 72 % en la producción de carne en los próximos 35 años (Wu, Bazer, & Cross, 2014). Desafortunadamente, la producción de carne tiene un fuerte impacto en el medio ambiente debido a la ineficiente conversión de proteína vegetal a proteína cárnica (Aiking, 2011; Pimentel & Pimentel, 2003). Por tanto, los nuevos alimentos requieren el establecimiento de sistemas de producción que sean eficientes y sostenibles (Hartmann, Shi, Giusto, & Siegrist, 2015).

Entre las fuentes de alimento más prometedoras que se están desarrollando en los últimos años en el mundo occidental se encuentra la entomofagia, los insectos comestibles (FAO, 2013). Sin embargo, los insectos no constituyen alimentos novedosos para muchas sociedades del sudeste asiático, Iberoamérica y África. Hoy en día hasta 3071 grupos étnicos en 130 países utilizan insectos como elementos esenciales de su dieta (FAO, 2008) (figura 1). Se estima que el consumo de insectos es practicado regularmente por al menos 2000 millones de personas en todo el mundo (Pal & Roy, 2014), a pesar de su ausencia en una dieta occidental convencional (Dossey et al., 2016).

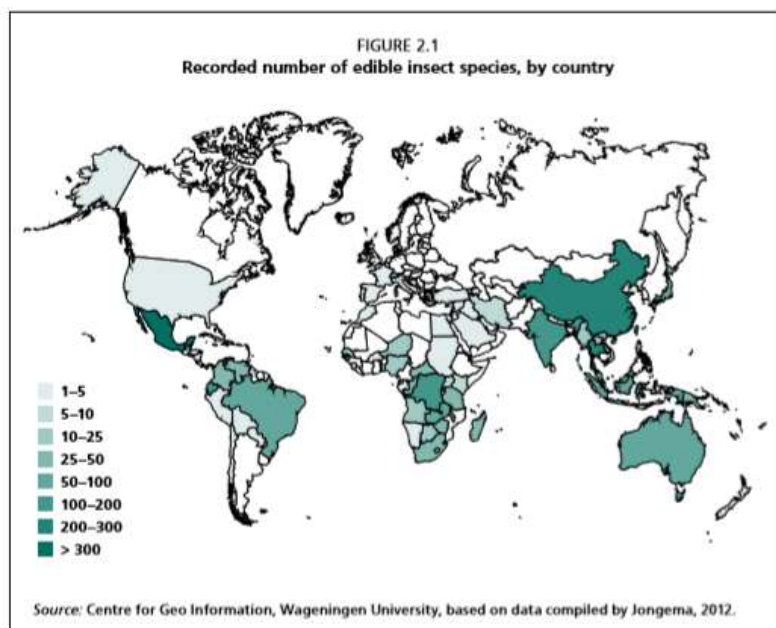


Figura 1. Número de especies de insectos comestibles por país.

Muchos factores psicológicos y biológicos rigen las preferencias y aversiones alimentaria, pero si bien existen ciertas predisposiciones, los gustos y disgustos de los alimentos se adquieren principalmente a través de la experiencia (Rozin & Vollmecke, 1986). Por eso, en países europeos donde el consumo de insectos no es tradicional, es común el rechazo hacia estos productos.

Sin embargo, la FAO, en su informe *Edible insects: future for food and feed security* (2013), reclama la incorporación de los insectos comestibles a las dietas de las sociedades occidentales porque constituyen una fuente importante de nutrientes, en particular de proteína animal y porque pueden producirse de forma mucho más sostenible que la carne convencional.

La razón principal de la sostenibilidad en los sistemas de producción de insectos se debe a la baja tasa de conversión de pienso en carne (cantidad de alimento que se necesita para producir un aumento de peso de 1 kg) (figura 2a). Normalmente, 1 kg de peso de animales vivos en sistemas de producción tradicionales en Estados Unidos requiere la siguiente cantidad de alimento: 2,5 kg para pollo, 5 kg para carne de cerdo y 10 kg en el caso de la ternera (Collavo et al., 2005). En los insectos comestibles las tasas de conversión son del 1,8 para los grillos y de 2,3 para tenebriónidos. Si las cifras se ajustan para el peso comestible, la tasa de eficiencia aumenta (figura 2a), ya que, por ejemplo, del grillo se puede consumir el 80 % del animal (100 % en el caso de larvas de tenebriónidos), mientras que del ganado vacuno se aprovecha tan solo el 40 % y del porcino y avícola el 55 % (figura 2a).

Otra razón importante de la sostenibilidad de la entomofagia se debe a las altas tasas de crecimiento y los cortos ciclos de vida de los insectos. Por ejemplo, los grillos pueden completar una generación en unos 45 días y una hembra de grillo puede producir más de 1500 huevos en su vida. En general, las hembras de insectos producen cientos e incluso miles de huevos, por lo que las granjas de insectos pueden dedicar menos recursos a los animales reproductores que las granjas tradicionales (figura 3) (Oonincx, 2017).

Como consecuencia de todo lo anterior, la superficie dedicada a la producción de insectos es menor, principalmente porque se necesita menos superficie dedicada a cultivar su pienso, pero también porque pueden cultivarse en vertical. El espacio que se necesita para la producción de 1 kg de peso comestible de *T. molitor* es unas 10 veces menor que para el ganado vacuno y la mitad que para el ganado porcino (Oonincx, Van Broekhoven, Van Huis, & Van Loon, 2015). Esto repercute en un menor consumo de agua, por la menor necesidad de riego de los cultivos destinados a alimentar a los insectos. Así, se estima que por cada gramo de proteína comestible se necesitan 112 l si proviene de las vacas, 57 l de los cerdos, 34 l de los pollos y solo 2 l si viene de *Acheta domesticus* (Orthoptera: Gryllidae) (figura 2b). Por otra parte, los insectos emiten menor cantidad de gases de efecto invernadero que los animales de granja convencionales (Oonincx, 2017) (figura 2c).

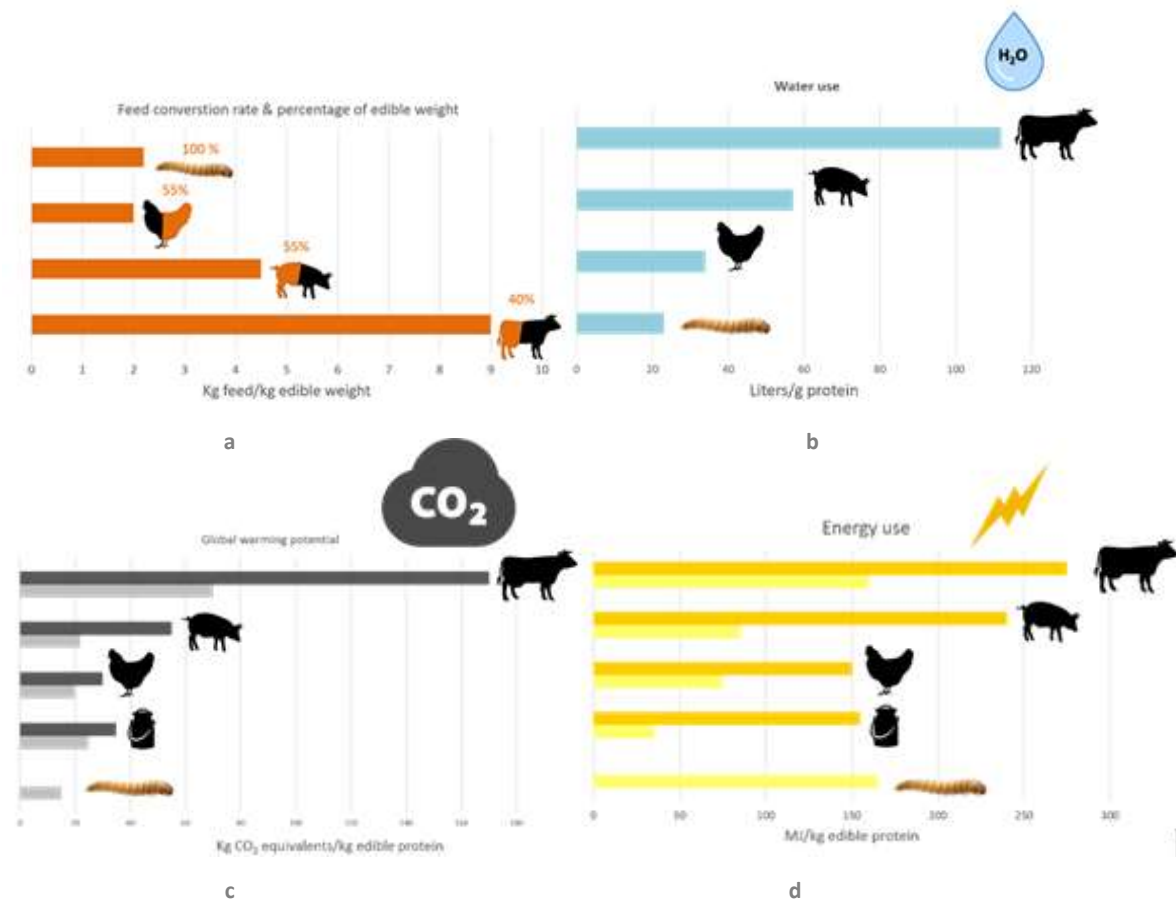


Figura 2. Comparación entre la eficiencia de conversión y la proporción de animal comestible (a) entre los *T. molitor* y otros animales de granja (a). Necesidades de agua (b), emisión de gases de efecto invernadero (c) y cantidad de energía necesaria (d) en la cría de ganado vacuno, porcino, aves, leche y *T. molitor*. Gráficas elaboradas a partir de los datos de Oonincx y De Boer (2012) y Miglietta et al. (2015) para *T. molitor* y De Vries y De Boer (2010) para el ganado convencional. Las barras oscuras y las claras en c y d se corresponden con los valores mínimos y máximos, respectivamente, de los rangos obtenidos.

La producción de alimentos ricos en proteínas a partir de los insectos es, por tanto, más sostenible que la del ganado convencional, que tiene un impacto mayor en el calentamiento global, la degradación de la tierra, la contaminación del aire y del agua y la pérdida de biodiversidad (Mekonnen & Hoekstra, 2010; Steinfeld, Gerber, Wassenaar, Castel, & Rosales, 2006).

En resumen, la producción en masa de insectos es económicamente viable y puede satisfacer la creciente demanda de alternativas nutritivas y ricas en proteínas a las fuentes convencionales de carne como el pollo, el cerdo, el pescado o la ternera (Finke, 2002; Kinyuru, Kenji, & Njoroge, 2009).

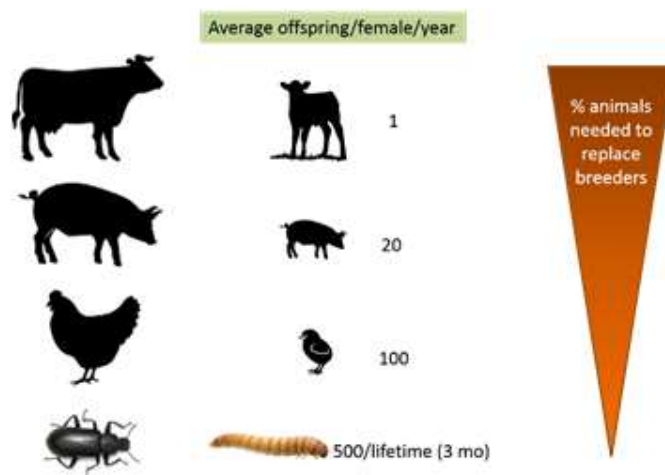


Figura 3. Progenie media anual producida por distintos animales de granja y por *T. molitor* en tres meses (cedida por D. Muñoz).

1.1. Composición nutricional de los insectos

Los insectos tienen una apropiada composición nutricional para considerarse parte de la alimentación humana, aunque puede ser muy variable en función de la especie, de la etapa de desarrollo en la que se encuentra o la alimentación que se le suministre durante su cría.

El nutriente más abundante en los insectos son las proteínas. El contenido de proteína de los insectos varía entre 25 y 75 % en base seca (Barker, Fitzpatrick, & Dierenfeld, 1998; Bukkens, 1997; Cerda et al., 2001; Finke, 2002, 2013, 2015; Oonincx & Dierenfeld, 2012; Oonincx & Van der Poel, 2011).

Muchas especies de insectos contienen una mayor porción de proteína por 100 g de peso seco (68,7 g para los grillos domésticos) que la carne de res picada (27,4 g) o el bacalao (28,5 g) (Gahukar, 2011).

Al igual que la carne de vaca y pollo, los insectos son una fuente de proteína animal “completa” que contiene los ocho aminoácidos esenciales siendo el triptófano y la cisteína los limitantes en la mayoría de las especies. Aunque en este aspecto los datos son escasos todavía, existen algunos estudios que comparan la digestibilidad de las proteínas de insectos con respecto a la caseína y en la mayoría de los casos los resultados son bien similares o ligeramente inferiores a la caseína (Ekpo, 2011; Iñiguez-Covarrubias, De Franco-Gomez, & Del R Andrade-Maldonado, 1994; Xia, Wu, Pan, & Kim, 2012). Por ejemplo, la digestibilidad de la harina fortificada con insectos alcanza el 91 % (Bukkens, 1997). Los insectos altamente esclerotizados presentan una digestibilidad proteica menor (Finke, 2007; Ozimek et al., 1985).

La grasa representa el segundo nutriente más abundante en los insectos comestibles y varía entre un 13,4 % en los ortópteros y un 33,4 % en los coleópteros (Rumpold & Schlüter, 2013a). El contenido en grasa también varía en función del estado de desarrollo, especialmente en los insectos con metamorfosis completa, cuyas larvas tienen mayor contenido graso que los adultos, y en función de su tipo de vida. Los insectos producidos comercialmente parecen

tener un mayor contenido de grasa que los recolectados en la naturaleza (Finke, 2002, 2013; Lease & Wolf, 2011; Oonincx & Dierenfeld, 2012; Yang, Siriamornpun, & Li, 2006).

Cualitativamente, el espectro de ácidos grasos de los insectos es comparable a los de las aves y el pescado en cuanto al grado de insaturación, aunque es de destacar que contienen mayores cantidades de ácidos grasos poliinsaturados.

En general, los insectos silvestres capturados contienen cantidades relativamente altas de ácido linoleico y linolénico (Fast, 1970; Thompson, 1973). Los insectos cultivados comercialmente también contienen altos niveles de ácido linoleico pero el contenido de ácido linolénico disminuye, debido a que su dieta suele estar basada en grandes cantidades de cereales y sus subproductos, que tienen niveles bajos de este ácido (Dreassi et al., 2017; Finke, 2002, 2013; Jones, Cooper, & Harding, 1972; Oonincx, Van Broekhoven, et al., 2015; Oonincx, Van Leeuwen, Hendriks, & Van der Poel, 2015; Paul et al., 2017).

La fibra constituye el tercer nutriente en importancia en los insectos comestibles y se debe, principalmente a su contenido en quitina, componente esencial de su exoesqueleto. La cantidad media de fibra puede variar entre un 5,1 % de los isópteros y un 13,6 % en los hemípteros (Rumpold & Schlüter, 2013a). Los insectos más esclerotizados, “más duros” (como los adultos de *Tenebrio molitor*), contienen niveles de fibra más altos que los insectos de cuerpo más blando (larvas), no necesariamente por contener más quitina, sino porque tienen mayor nivel de esclerotización en su cutícula y proteínas ligadas a la quitina (Finke & Oonincx, 2017).

Los nutrientes menos abundantes en insectos son los carbohidratos, cuya abundancia varía entre 4,6 % en odonatos y 22,8 % en isópteros y las cenizas que varían entre un 2,9 % en los blatodeos y 10,3 % en los dípteros (Rumpold & Schlüter, 2013a). En general, 100 g de materia seca de insectos pueden cubrir las necesidades diarias recomendadas de minerales como Mg, P, Zn, Mn, Cu y Se, pero no de Ca, K y Fe. También poseen cantidades elevadas de vitaminas B2, B5, B7 y B9, pero no de A, E, C, B1 y B3.

1.2. Incorporación de los insectos en los alimentos

En 2015, la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA por sus siglas en inglés) publicó una lista de insectos comestibles junto con los riesgos asociados a su producción y consumo como alimento humano y animal. Porque aunque la entomofagia se considera una práctica segura, avalada por su largo historial de seguridad, la manipulación y el consumo de insectos puede acarrear algunos riesgos (EFSA Scientific Committee, 2015) relacionados con la recolección en zonas peligrosas, con el consumo de estados de desarrollo inadecuados o con tratamientos culinarios inapropiados (Belluco et al., 2013; Mlcek, Rop, Borkovcova, & Bednarova, 2014; Ramos-Elorduy, 2005). Algunas sustancias tóxicas y alergénicas se encuentran entre los riesgos potenciales del consumo de insectos. Por esta razón, los insectos comestibles se incluyeron en el nuevo reglamento sobre autorización de nuevos alimentos de la UE, que se publicó en noviembre de 2015.

La incorporación de los insectos al mercado español es posible desde el 1 de enero de 2018, gracias a la entrada en vigor del nuevo Reglamento (UE) n° 2015/2283 del Parlamento Europeo y del Consejo relativo a los nuevos alimentos, por el que se modifica el Reglamento (UE) n°

1169/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo y se derogan el Reglamento (CE) n° 258/97 del Parlamento Europeo y del Consejo y el Reglamento (CE) n° 1852/2001 de la Comisión.

Este Reglamento considera que “procede revisar, clarificar y actualizar, sobre la base de los avances científicos y tecnológicos registrados desde 1997, las categorías de alimentos que constituyen nuevos alimentos. Esas categorías deben incluir los insectos enteros y sus partes”. Sin embargo, cada nuevo alimento debe ser autorizado por la UE antes de su comercialización, aunque se establece un protocolo de autorización más sencillo para todos aquellos alimentos que demuestren haber sido consumidos durante 25 años de forma segura en países terceros, que es el caso de muchas especies de insectos.

La revisión por parte de la UE pretende evitar los riesgos que puede acarrear el consumo de insectos y que deben ser tenidos en cuenta. Se recomienda consumir insectos que hayan sido criados en granjas en condiciones controladas (Kourimská & Adámková, 2016). Algunos insectos también pueden contener sustancias tóxicas presentes de forma natural, como los glucósidos cianogénicos (Zagrobely et al., 2009). De acuerdo con Vijver, Jager, Posthuma, & Peijnenburg (2003), las concentraciones de Cd y Pb en el cuerpo de las larvas de *T. molitor* se correlacionaron con el suelo metálico en el que viven los insectos.

Es importante tener en cuenta que el consumo de insectos puede provocar alergias, por ejemplo debido a la quitina del exoesqueleto. También pueden transmitir infecciones, ya que la microbiota de los insectos puede ser un medio adecuado para el crecimiento de microorganismos indeseables (Kourimská & Adámková, 2016).

Hoy en día en el mundo se pueden clasificar en tres grandes tipos: insectos enteros, harinas de insectos y extractos de grasa y quitina.

Por lo general, en los países cuya cultura gastronómica incluye a los insectos, se venden al gran público frecuentemente enteros con un mínimo procesado para vaciar su contenido intestinal, sacrificarlos y eliminar su carga bacteriana. En los países occidentales, los insectos enteros se ofrecen en el mercado como ingrediente principalmente de dulces (figura 6), por ejemplo en chocolates («Micronutris», 2018), en azúcar caramelizado («Delibugs», 2018) y en algunos casos en bebidas alcohólicas.

Las harinas de insecto se están desarrollando como una estrategia para mejorar la aceptación de los insectos comestibles en los países occidentales, poco acostumbrados al consumo de insectos. En las diferentes empresas que están surgiendo en los últimos años entorno a la entomofagia, incluidas más de 50 en Europa (FAO, 2015), estas harinas se emplean para incrementar el contenido proteico y de fibra de distintos alimentos. En panadería se encuentra la gama más amplia de desarrollos, con productos como pan (de la empresa Fazer) (figura 4), galletas («Micronutris», 2018), tortitas («Chirpschips», 2018) y barritas energéticas («Snack Insects», 2018), pero también hay otros productos destacables como patés («Aldento», 2018), salsas («Green Kow», 2018) y pastas («Bugsolutely», 2018) (figura 4). También hay desarrollos de productos cárnicos. Stoops et al., (2017) han desarrollado un nuevo producto alimenticio a partir de harina de tenebriónidos (*Tenebrio molitor* y *Alphitobius diaperinus*), especias y antiaglutinante que se asemeja a la carne picada. Este tipo de desarrollos podrían permitir una reducción en el consumo de carne de origen vacuno.



Figura 4. Productos comercializados que incluyen harina de *A. domesticus*: pan (izquierda) y pasta (derecha).

El tercer tipo de productos comestibles a base de insectos lo constituyen los extractos, que junto con las harinas se espera que permitan una mejor aceptación de los insectos en la cultura culinaria. Con el fraccionamiento de los compuestos de un insecto es posible obtener y comercializar hoy en día grasa y extractos de quitina y se está desarrollando la metodología para extraer las proteínas de forma rentable.

El sabor de los insectos se ve afectado por su especie, su hábitat, su alimentación y su procesamiento, pero para tener una idea general a qué se enfrenta una persona que los prueba por primera vez, Kourimská & Adámková, (2016) realizaron un estudio en el que comparaban el sabor de diferentes especies de insectos con productos que normalmente forman parte de la dieta (tabla 1).

Tabla 1. Sabores de alimentos tradicionales con los que se comparan algunos insectos.

Insectos comestibles	Sabor
Hormigas, termitas	Dulce, casi de nuez
Larvas de escarabajos oscuros	Pan integral
Escarabajos que destruyen la madera	Pechuga grasa con piel
Larvas de libélula y otros insectos acuáticos	Pescado
Cucarachas	Setas
Insectos de escudo rayado	Manzanas
Avispas	Semillas de pino
Orugas de carámbanos ahumados	Maíz crudo
Cochinillas	Patatas fritas
Huevos de barquero de agua	Caviar
Orugas de polillas	Arenque

Fuente: Kourimská & Adámková, (2016)

Además del sabor, la textura también es un factor clave a la hora de consumir insectos. Su exoesqueleto tiene gran influencia en la textura, ya que son crujientes y al masticarlos se produce un ruido similar al que provoca el consumo de snacks o pretzels (Ramos-Elorduy, 1998). Pupas, larvas y ninfas son los estadios más consumidos de los insectos, contienen muy poca quitina, por lo que no son tan crujientes y son más digeribles por el cuerpo humano (Kourimská & Adámková, 2016).

Como se ha dicho anteriormente, el procesamiento también influye en el sabor, pero el conocimiento de su efecto en la composición nutricional y disponibilidad de los productos alimenticios con insectos es todavía escaso pero, previsiblemente, estos efectos serían

similares a los que se observan en otros alimentos. Se ha determinado que el uso de altas presiones y temperaturas afecta negativamente a la disponibilidad de aminoácidos y a la calidad de las proteínas en general, aunque en algunos insectos no se haya producido este efecto (Ekpo, 2011). De igual forma, los procesos para extraer proteínas también han sido objeto de alguna experimentación y sugieren una disminución en la utilización neta de proteína en procesos de extracción con agentes alcalinos, pero no en todas las especies, pues se ha visto un efecto positivo en la calidad proteica en otras especies (Finke & Oonincx, 2017).

1.3. Los tenebriónidos como insectos comestibles

El listado de insectos comestibles más reciente (Wageningen University & Research, 2017) incluye 2111 especies. Los coleópteros son los insectos más comúnmente consumidos por los humanos en todo el mundo con 661 especies documentadas, destacando las familias Tenebrionidae y Curculionidae entre las que cuentan con un mayor número de especies utilizadas en alimentación. Actualmente, para los europeos y americanos, las larvas de los tenebriónidos son los insectos comestibles más demandados, junto con el grillo doméstico *Acheta domesticus* L. y las larvas del lepidóptero *Galleria mellonella* L. (Dossey et al., 2016).

Los tenebriónidos son especies autóctonas en la mayoría de las regiones del mundo y se considera que tienen un gran potencial en la industria de los insectos como alimento humano y animal por razones biológicas, nutricionales e industriales. Biológicamente son especies con una alta fecundidad y en una gran diversidad de sustratos alimenticios, incluidos los desechos orgánicos. Desde el punto de vista industrial resultan atractivos porque no requieren contenedores complejos de cría, ni equipamiento caro y se crían en espacios pequeños sin apenas necesidad de aporte de agua. Por último, su interesante valor nutricional ha permitido que cada vez estén más presentes en programas de divulgación entomológica y se incorporen en gran cantidad de productos alimenticios (Dossey et al., 2016).

T. molitor es una de las especies más estudiadas en cuanto a su composición nutricional, al considerarse una buena fuente de proteínas y lípidos (Adámková, Kourimská, Borkovcová, Kulma, & Mlcek, 2016). El contenido de proteínas más alto (637,0 - 767,5 g/kg MS) y el más bajo en grasas (148,8 - 184,0 g/kg MS) se encuentra en la etapa adulta del insecto. Sin embargo, su consumo no es recomendable debido a la gran cantidad de sustancias antinutricionales (alas, exoesqueleto, patas...). El contenido de proteína en las larvas oscila entre 477,6 y 527,0 g/kg MS y el de grasa entre 189,0 y 382,9 g/kg MS. Esto supone que prácticamente un 50 % de su composición nutricional es proteína. En el caso de las pupas el contenido de proteína es incluso mayor que en las larvas (531,0-546,0 g/kg MS) y lo mismo sucede con la grasa (308,0 - 366,5 g/kg MS).

Las larvas de *Zophobas morio* (otra especie de tenebriónidos) presentan un contenido proteico similar al *T. molitor* (tabla 2) pero el contenido de grasa es mucho más alto (328,0 - 435,4 g/kg MS) (Oonincx & Dierenfeld, 2012), quizás por esto, es un insecto poco utilizado en el desarrollo de alimentos.

La cantidad de proteínas que presentan las larvas de *Alphitobius diaperinus* se encuentra muy por encima de las otras dos especies de tenebriónidos (580,3 - 650,0 g/kg MS) y con valores inferiores para la grasa (134,0-243,0 g/kg MS) (Bosch, Zhang, Oonincx, & Hendriks, 2014; Van Broekhoven, Oonincx, Van Huis, & Van Loon, 2015; Yi et al., 2013).

Tabla 2. Contenido de proteína y grasa de tenebriónidos (g/kg MS) en distintas etapas de desarrollo.

Etapa de desarrollo del insecto	g proteína/kg MS	g grasa/kg MS
Larvas <i>T. molitor</i>	477,6 – 527,0	189,0 – 382,9
Pupas <i>T. molitor</i>	531,0 – 546,0	308,0 – 366,5
Adultos <i>T. molitor</i>	637,0 – 767,5	148,8 – 184,0
Larvas <i>Z. morio</i>	431,3 – 516,2	328,0 – 435,4
Larvas <i>A. diaperinus</i>	580,3 – 650,0	134,0 – 243,0

Fuente: (Adámková et al., 2016)

Es importante tener en cuenta que puede haber variaciones en las proporciones de nutrientes en función de la alimentación, el microclima, el medio ambiente o incluso el sexo de las larvas (Adámková et al., 2016). Aun así, a la hora de decantarse por una de las especies de tenebriónidos, *A. diaperinus* podría ser la más interesante, ya que más del 50 % de su composición nutricional es proteína y el porcentaje de grasa, en algunos casos apenas supera el 10 %. A pesar de que se emplea mucho menos que el *T. molitor* a la hora de incorporarlo a productos alimenticios, debería ser tenido en cuenta al tener una composición nutricional más completa.

Alphitobius diaperinus como todos los coleópteros, tiene un desarrollo holometábolo, con formas inmaduras llamadas larvas que son morfológica y funcionalmente muy diferentes a los adultos (figura 5). Las larvas están especializadas en la supervivencia del individuo (alimentación y crecimiento) y adquieren mayor tamaño con cada muda. Cuando han alcanzado su mayor tamaño, mudan hacia el estado de pupa, inmóvil e inactivo en el que sufren una completa transformación. Los órganos y apéndices de las larvas son digeridos internamente y reemplazados por estructuras de adulto que se forman durante la morfogénesis. El adulto tiene un par de alas anteriores esclerotizadas que no le permiten volar (élitros) y un par de alas posteriores membranosas funcionales.

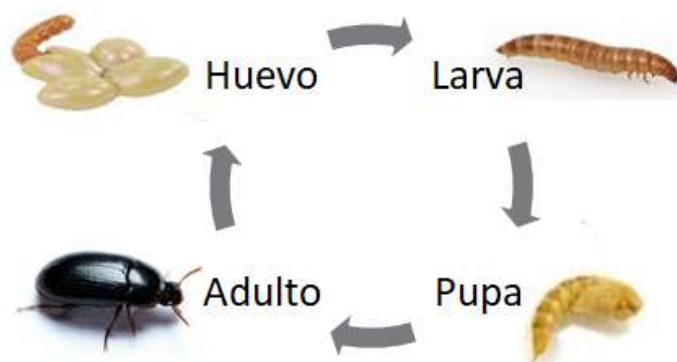


Figura 5. Ciclo de vida de *A. diaperinus*.

Igual que el resto de insectos comestibles, los tenebriónidos se pueden encontrar en los productos alimenticios tanto enteros como en forma de harina. En el segundo caso, se puede encontrar a la venta harina de *T. molitor* o *A. diaperinus* («Kreca», 2018) o como ingrediente de galletas (micronutris.com), mantequilla de cacahuete («Delibugs», 2018) o pasta («Aldento», 2018) (figura 6).



Figura 6. Productos alimenticios con harina de tenebriónidos. De izquierda a derecha: harina de *A. diaperinus*, galletas con *T. molitor*, mantequilla de cacahuete con *A. diaperinus*, pasta con *T. molitor*.

Otra forma de consumir estos insectos es enteros, bien con algún sabor o formando parte de algún producto que se incorpora tradicionalmente a la dieta como chocolatinas («Micronutris», 2018), granola o piruletas («Delibugs», 2018) (figura 7).



Figura 7. Productos alimenticios con tenebriónidos enteros. De izquierda a derecha: chocolatinas con *T. molitor*, granola con *A. diaperinus* y piruleta con *T. molitor*.

Hay un número creciente de empresas que producen alimentos a base de insectos, sobre todo de grillos y tenebriónidos, particularmente en regiones donde todavía no se utilizan como alimento humano (Europa y América del Norte). Esto se debe en parte a la facilidad de este insecto para adaptarse a la alimentación basada en subproductos orgánicos, que favorece la industrialización de su cría (Van Broekhoven et al., 2015).

2. OBJETIVOS Y PLAN DE INVESTIGACIONES

2.1. Objetivos

El objetivo general del proyecto es el desarrollo de un snack de pan incorporando harina de *Alphitobius diaperinus*.

Objetivos específicos:

- Conocer la influencia de la harina de insecto en las características del producto final.
- Conocer la aceptación del producto por parte de los alumnos de la ETSIA incluyendo distintos porcentajes de la harina de insecto.

2.2. Plan de investigaciones

2.2.1. Diseño experimental

Para conocer la aceptación de los snacks de pan al introducir la harina de insecto y su influencia en las distintas variables del producto final que se tuvieron en cuenta a la hora de llevar a cabo las elaboraciones, se realizaron distintos ensayos, variando el porcentaje de esta harina.

Para ello se partió de un producto control, en el que tan solo se incorporaron los ingredientes básicos (harina de trigo, agua, aceite de girasol, levadura y sal) y a partir de este se fueron añadiendo distintas proporciones de harina de *A. diaperinus* entre un 2,5 y un 12,5 % del peso de la masa (Tabla 4).

Tabla 4. Diseño experimental.

Ensayo	% Harina <i>A. diaperinus</i>
1	0
2	2,5
3	5
4	7,5
5	10
6	12,5

En función del porcentaje de harina de insecto añadida a cada elaboración, también varía la cantidad de aceite de girasol, ya que esta harina es rica en grasa (24,7 %) comparada con la harina de trigo que se está utilizando (1,5 %). Para mantener una composición nutricional equilibrada en el producto final y que el porcentaje de grasa se mantuviera sin importar la cantidad de harina de *A. diaperinus* incorporada, se reduce no solo la cantidad de harina de trigo añadida a la masa, sino que también la cantidad de aceite de girasol. Así, por cada gramo de harina de insecto añadida, se retiraron 0,77 g y 0,23 g de harina de trigo y de aceite de girasol, respectivamente.

Cada ensayo se realizó por duplicado, por lo tanto se llevaron a cabo 12 elaboraciones.

Planificación del trabajo

- Ensayos preliminares: se realizaron una serie de pruebas para evaluar los porcentajes de sustitución y poner a punto el proceso de elaboración.
- Puesta a punto de los métodos de análisis instrumental.
- Realización de los ensayos y análisis instrumental de los productos.
- Realización de las pruebas sensoriales.
- Análisis estadísticos de resultados.
- Redacción del TFG.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Materiales

2.1.1 Materias primas básicas

Para la elaboración de los colines se emplearon los siguientes ingredientes:

- Harina de trigo para repostería, Urdanoz.
- Agua de red.
- Aceite de girasol, Urzante.
- Levadura fresca, Levital.
- Sal, Eliges.

La composición nutricional de los distintos ingredientes es la siguiente (Tabla 3):

Tabla 3. Composición nutricional de las materias primas básicas (g por 100 g).

	Grasas (g)	Grasas saturadas (g)	Hidratos de carbono (g)	Azúcares (g)	Proteínas (g)	Sal (g)	Fibra (g)
Harina de trigo	1,5	0,2	70	0,7	10,5	0,1	0
Aceite de girasol	100	11	0	0	0	0	0
Levadura fresca	2	0	18	0	8	0	0
Sal	0	0	0	0	0	100	0

Para conocer el coste del producto final, se tuvo en cuenta el coste de las materias primas (tabla 4):

Tabla 4. Precio/kg (euros) de las materias primas básicas.

Materia prima	Precio/kg (euros)
Harina de trigo	1,10
Aceite de girasol	1,39
Levadura	6,8
Sal	0,71

2.1.2. Harina de *Alphitobius diaperinus*

Para sustituir a la harina de trigo, en estas elaboraciones se utilizó harina de *Alphitobius diaperinus* de la marca Kreca, del grupo empresarial Proti-Farm procedente de Holanda. En esta harina (ver tabla 3), el porcentaje de proteínas es casi del 60 %, 5 veces más de lo que aporta la harina de trigo que se usa habitualmente para la elaboración de este tipo de productos. Sin embargo, el contenido en hidratos de carbono de la harina de insectos (6,7 %) es 10 veces menor que en la harina convencional (70 %). También se debe tener en cuenta que el contenido graso de la harina de *A. diaperinus* (24,7 %) es muy superior al de la harina de trigo (1,5 %), pero esto se pudo compensar reduciendo la cantidad de aceite de girasol que se añadía a la masa.

El precio de esta harina es de 20 euros/kg.

Tabla 5. Composición nutricional de la harina de *A. diaperinus* (g por 100 g).

	Grasas (g)	Grasas saturadas (g)	Hidratos de carbono (g)	Azúcares (g)	Proteínas (g)	Fibra (g)
Harina de <i>A. diaperinus</i>	24,7	8	6,7	0	58,6	5,2

Fuente: Proti-farm (Holanda)

2.2. Equipamiento e instrumentación de análisis

2.2.1. Maquinaria

- Amasadora, Lacor (c/bol 5 Lts).
- Armario de fermentación controlada Iverpan, FC-18/06, Salva.
- Horno KWIK-CO/00 eléctrico, Salva.

2.2.2. Equipos de análisis

- Digieye, versión 6.2.
- Texturómetro TA.TX.PLUS (Stable Micro Systems Texture Analyzer Aname).
- Calibre digital.
- Estufa.

2.2.3. Materiales auxiliares

- Báscula
- Barquetas
- Cuchillos
- Cucharas
- Vasos
- Cápsulas metálicas
- Corta fiambres

2.3. Formulaciones

Para la formulación inicial se tomó como referencia una formulación de Francisco Tejero (Tejero, 2018) en las proporciones de la tabla 6.

Tabla 6. Proporciones de materias primas de la formulación inicial.

Materia prima	Para 10.000 g de harina (g)
Harina de trigo	10.000
Agua	4.000
Aceite de girasol	800
Levadura	400
Sal	200

Finalmente, tras realizar varias pruebas, se llevaron a cabo varios cambios en las proporciones de las materias primas. Por un lado, se aumentó la cantidad de agua en un 20 % ya que sino, al añadir la harina de *A. diaperinus* la masa no ligaba, al haber una proporción de ingredientes secos muy alta. Por otra parte, se decidió aumentar la cantidad de aceite de girasol para

conseguir un producto final con una proporción de grasa más cercana a la de los snacks de pan que se comercializan actualmente. Se redujo la cantidad de levadura, ya que no interesaba que los colines creciesen demasiado durante la fermentación.

La cantidad de masa a realizar se fijó en 350 g, por lo que las cantidades finalmente empleadas fueron las que se muestran en la tabla 7.

Tabla 7. Formulaciones de las masas elaboradas.

Materias primas						
% Harina de A. diaperinus	Harina de trigo (g)	Harina de A. diaperinus (g)	Agua (g)	Aceite de girasol (g)	Levadura (g)	Sal (g)
0	200	0	100	40	6	4
2,5	193,25	8,75	100	38	6	4
5	186,5	17,5	100	36	6	4
7,5	179,75	26,25	100	34	6	4
10	173	35	100	32	6	4
12,5	166,25	43,75	100	30	6	4

2.4. Proceso de elaboración

Para comenzar el proceso de elaboración (figura 8) se pesaron los ingredientes y se vertieron en el vaso de la amasadora, donde permanecieron 1,5 minutos a velocidad lenta hasta que se formó una masa homogénea. A continuación, se cortaron trozos de masa de 10 g y se formaron los colines, para obtener un producto de unos 90 mm de largo.

Una vez hecho esto se pasaron a la cámara de fermentación, durante 60 minutos a 30 °C y con un 90 % de humedad relativa.

Por último, se hornearon a 180 °C durante 16 minutos y se dejaban enfriar durante 15 minutos.

Estas condiciones se establecieron tras hacer pruebas para ajustar la longitud y el tamaño de los colines y también el tiempo (entre 12 y 16 minutos) y la temperatura de horneado (entre 180 y 200 °C) hasta obtener productos aparentemente adecuados en tamaño, color y con una humedad suficientemente baja, una corteza más fina y una cocción más regular, ya que cuando el tiempo de horneado era menor y la temperatura era más alta, la humedad era muy superior a la obtenida en las condiciones de cocción en las que se reducía la temperatura a 180 °C y se alargaba el tiempo de horneado a 16 minutos.

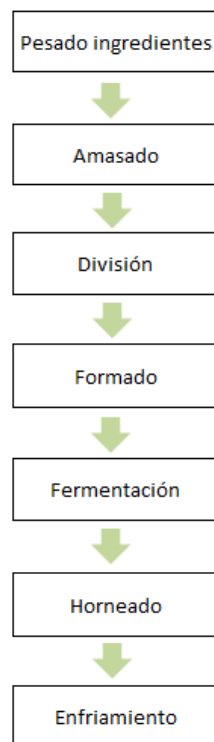


Figura 8. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de los colines.



Figura 9. De izquierda a derecha: amasadora de espiral, armario de fermentación controlada y horno de convección.

2.5. Análisis instrumentales

2.5.1. Humedad

Teniendo en cuenta que el porcentaje de humedad de la harina de *A. diaperinus* (1,78 %) es bastante inferior a la de la harina de trigo (13 %), se realizaron medidas de la humedad a los productos obtenidos tras el horneado, para comprobar si se producen variaciones al incorporar diferentes proporciones de la harina de insectos.

Para determinar la humedad se pesaron 5 g del producto final desmigado en una cápsula metálica pesada previamente. A continuación se introdujo durante 2,5 horas en una estufa a 105 °C. Pasado este tiempo, para conocer el porcentaje de agua de los colines, se pesó de nuevo la cápsula con el producto y se le restó la masa de la misma para calcular la pérdida de agua que se produjo durante el tiempo que permaneció en la estufa, correspondiente a la humedad de los colines.

2.5.2. Dimensiones

Para determinar la influencia de la harina de *A. diaperinus* en las dimensiones de los colines, se utilizó un calibre digital (figura 3), para tomar las siguientes medidas a 6 piezas:

- Longitud
- Anchura
- Altura

De la longitud se realizó una sola medida y de la altura y anchura 3, una en el centro y una en cada uno de los extremos. Esto se debe a que la longitud no está influenciada por la cantidad de harina de *A. diaperinus* que se añade, mientras que las otras dos medidas sí lo están. La longitud se trata de mantener igual en todas las elaboraciones.



Figura 10. Calibre digital.

Se tomaron medidas de 6 colines por cada elaboración.

2.5.3. Firmeza

Para comprobar la firmeza de los colines, el mismo día de su elaboración, se realizó un esfuerzo cortante en el centro del snack entero utilizando un texturómetro TA.TX.PLUS (Stable Micro Systems Texture Analyzer Aname), al que se le incorpora una sonda de corte y cizalla HDP/BS que incluye Warner Bratzler. La velocidad del ensayo fue de 2 mm/s y la distancia de penetración de 25 mm.



Figura 11. Texturómetro TA.TX.PLUS (Stable Micro Systems Texture Analyzer Aname) (izquierda), sonda de corta y cizalla (derecha).

Con ayuda del software Exponent se obtuvo la fuerza en Newtons que se debe aplicar sobre el producto para cortarlo.

Se analizaron 15 colines por cada una de las elaboraciones.

2.5.3. Color

Para determinar el color de los colines elaborados con distintas proporciones de harina de *A. diaperinus* se utilizó el sistema de color CIELAB, un diagrama cromático donde se representa el área en donde tienen lugar todos los colores reales. Las mediciones que se tomaron fueron las de las coordenadas de color de este método:

- Luminosidad (L)
- Variación rojo-verde (a)
- Variación amarillo-azul (b)

Las medidas del color se realizaron con ayuda del sistema de análisis de imagen digital Digieye, versión 6.2, que incorpora una cámara digital que permite capturar imágenes registrando la información del color eliminando los efectos perjudiciales de la iluminación ambiental. Una vez que se tiene la fotografía, el software, a través de la herramienta "Colour measurement" permite seleccionar los puntos en los que se quiere medir el color.



Figura 12. Sistema de análisis de imagen digital Digieye.

Para conocer las diferencias de color en la masa y el producto tras la cocción, se tomaron medidas tanto en la masa como en la corteza y la miga de los colines.

- Masa: se realizaron tres medidas por elaboración en distintos puntos de la masa. (3 medidas por elaboración).
- Corteza: se colocaron 5 colines en el panel y en cada uno de ellos se realizó 3 medidas, una en el centro y otras dos en los extremos. (15 medidas por elaboración).
- Miga: para poder observar la miga de forma clara, primero se cortaron los colines con una corta fiambres de acero inoxidable, tratando de obtener pequeñas rebanadas de cada uno. Se utilizaron 4 rebanadas para cada caso, realizando una medida de color en cada una de ellas. (4 medidas por elaboración).



Figura 13. Disposición de colines en Digieye para medir el color de la corteza.

2.6. Evaluación sensorial

La dimensión hedónica no es estrictamente sensorial, puesto que integra otras formaciones (calidad percibida o proyectada: dimensión simbólica o imaginaria del producto). Así, estas pruebas permiten predecir el comportamiento de los consumidores frente a un producto, por eso son esenciales para el desarrollo de un nuevo producto (Ibáñez & Barcina, 2001).

Para seleccionar los miembros que constituyeron el panel, se escogió un grupo relativamente homogéneo, limitando la cata a los alumnos de la ETSIA.

A la cata asistieron 56 personas, 20 pertenecientes al Grado de IAMR (35,71 %), 30 estudiantes del Grado de IPPA (53,57 %) y 6 que cursaban otros estudios (10,71 %).

Según datos de la UPNA (Universidad Pública de Navarra, 2017), en el curso 2016/2017, un 62,47 % de los alumnos de la ETSIA estaban matriculados en IAMR, mientras que un 37,49 % pertenecían a IPPA, por lo que en este caso, los datos de la cata no fueron representativos de los estudiantes de la escuela.

Sin embargo, al separar los datos de los catadores por sexos dentro de cada Grado, sí coincidieron con los del alumnado de la ETSIA. El número de mujeres asistentes fue superior para el Grado de IPPA (35,71 %), comparado con la asistencia masculina (17,86 %), mientras

que en el caso de los estudiantes de IAMR fue al revés, al haber más catadores (21,43 %) que catadoras (14,28 %). En ambos Grados, la distribución por sexos de los alumnos coincidió con los asistentes a la cata, siendo superior la presencia de mujeres en el Grado de IPPA (22,15 % de mujeres frente 15,34 % de hombres) y de hombres en IAMR (42,31 % de hombres frente a 20,16 % de mujeres).

Tabla 10. Distribución de catadores en función del sexo y el Grado al que pertenecen.

Estudios	Mujeres (%)	Hombres (%)	Total (%)
IAMR (%)	14,28	21,43	35,71
IPPA (%)	35,71	17,86	53,57
Otros (%)	7,14	3,57	10,71
Total (%)	57,14	42,86	100

Se presentaron 5 muestras de colines a los catadores con distintos porcentajes de harina de *A. diaperinus*, desde el 0 % hasta el 10 %, aumentando cada vez un 2,5 % la cantidad de la misma. Aunque en otros ensayos se utilizaron colines con mayores porcentajes de la harina de insecto, se toma como máximo el 10 % por la fuerte influencia de la harina de insecto en el sabor y el aspecto.

Se realizaron dos pruebas sensoriales: una prueba de preferencia mediante escala hedónica y una prueba de ordenación por preferencia. La ficha de cata se incluye en el Anexo 1.

Se recomienda que las escalas hedónicas contengan un número impar de puntos, de tal modo que el punto medio corresponda a la opción “ni me gusta ni me disgusta) (Ibáñez & Barcina, 2001). En este caso se utilizó la siguiente escala de 7 puntos:

- 7. Me gusta mucho
- 6. Me gusta
- 5. Me gusta un poco
- 4. Ni me gusta ni me disgusta
- 3. Me disgusta un poco
- 2. Me disgusta
- 1. Me disgusta mucho

A las muestras se les asignó un código numérico que no proporcionará al catador ninguna información sobre su identidad. Por este motivo, se usaron codificaciones de tres números al azar (Sancho, Bota, & de Castro, 1999).

Además, el orden de presentación de las muestras para cada catador fue aleatorio y equilibrado (Ibáñez & Barcina, 2001), para no alterar significativamente los valores del juicio (Sancho et al., 1999).

La prueba de ordenación es un método para seleccionar una o dos de las mejores muestras de un grupo más o menos definido. En esta prueba no conocen las diferencias entre las muestras, ya que son ordenadas en relación una con otra en función de una característica o de su

aceptabilidad por el panel (Sancho et al., 1999). En este caso, debían ordenar las 5 muestras de izquierda a derecha, desde la que más le había gustado a la que menos.

2.7. Análisis estadísticos

Para la realización del análisis estadístico de los datos se utilizó el programa STATGRAPHICS. Para comprobar si había diferencias significativas entre los distintos porcentajes de harina de *A. diaperinus* utilizada, se llevó a cabo un análisis de la varianza (ANOVA), con un nivel de significación del 95 %. Para conocer las diferencias entre las muestras, se utilizó el método de comparación múltiple de medias empleando el criterio Tukey.

En el caso del análisis sensorial, también se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) y análisis de correlaciones lineales de Pearson. Para la prueba de ordenación se llevó a cabo la prueba de Friedman.

3. RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados obtenidos tras realizar los análisis instrumentales y sensoriales pertinentes y llevar a cabo un tratamiento estadístico de los datos. También se hace una estimación de las características nutricionales de los productos obtenidos y del coste asociado a su producción.

3.6. Medidas instrumentales

3.6.1. Humedad

No hubo diferencia significativa entre la humedad media de los distintos ensayos con variaciones de porcentaje de harina de insecto, con un nivel del 95 % de confianza (tabla 8).

Tabla 8. Resultados de las medidas de humedad de los distintos ensayos.

% <i>A. diaperinus</i>	Humedad (%)
0	6,0 ± 1,0 ^a
2,5	5,2 ± 0,6 ^a
5	5,0 ± 0,9 ^a
7,5	5,3 ± 0,8 ^a
10	5,4 ± 1,1 ^a
12,5	6,1 ± 1,4 ^a

Medidas seguidas de letras distintas son significativamente diferentes a un 95 % de confianza (prueba de Tukey).

3.6.2. Dimensiones

La elaboración de los colines se realizó de forma manual, por lo que es complicado mantener medidas exactas en todos los colines. Aun así, no hubo diferencia significativa entre los distintos ensayos en la longitud.

En el caso de la anchura no pareció observarse un patrón que permita atribuir las diferencias al porcentaje de harina de insecto añadido. En el caso de la altura, se observó que iba disminuyendo conforme dicho porcentaje aumentaba (con la excepción del ensayo al 12,5 %). Esto podría deberse a que conforme aumentaba la harina de *A. diaperinus*, disminuía la harina de trigo y por lo tanto, la proporción de gluten, que es el agente formador de la masa, que permite la retención gaseosa y determina el volumen del producto.

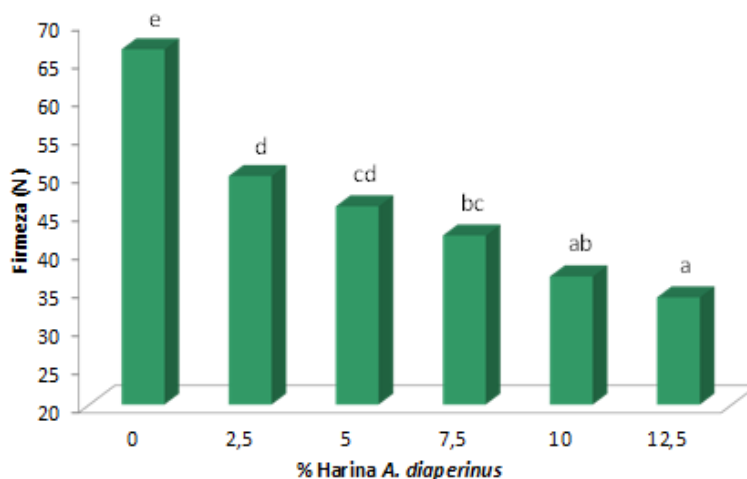
Tabla 9. Resultados de las medidas de las dimensiones de los ensayos.

% <i>A. diaperinus</i>	Longitud (mm)	Anchura (mm)	Altura (mm)
0	91,7 ± 3,0 ^a	17,1 ± 0,8 ^{ab}	15,9 ± 0,7 ^d
2,5	92,7 ± 2,5 ^a	18,1 ± 0,5 ^d	15,5 ± 1,0 ^{cd}
5	90,3 ± 2,4 ^a	17,7 ± 0,8 ^{cd}	15,0 ± 0,7 ^{bc}
7,5	90,3 ± 2,0 ^a	17,5 ± 0,9 ^{bc}	14,5 ± 0,6 ^{ab}
10	92,8 ± 1,5 ^a	17,0 ± 0,7 ^{ab}	14,2 ± 0,6 ^a
12,5	90,5 ± 1,5 ^a	16,9 ± 0,9 ^a	15,3 ± 1,0 ^c

Medidas seguidas de letras distintas son significativamente diferentes a un 95 % de confianza (prueba de Tukey).

3.6.3. Firmeza

Al realizar las medidas de firmeza, se observó que conforme aumentaba la proporción de harina de *A. diaperinus*, la firmeza era menor. Se pudo observar que la mayor disminución de firmeza se produjo cuando se pasaba del producto control al que contenía un 2,5 % de harina de insecto.



Medidas seguidas de letras distintas son significativamente diferentes a un 95 % de confianza (prueba de Tukey).

Figura 13. Resultados de las medidas de firmeza de los ensayos.

Al realizar el análisis de la varianza (ANOVA), se obtuvo una diferencia estadísticamente significativa entre la media de la firmeza entre un nivel de porcentaje de harina de insecto y otro, con un nivel de 95 % de confianza. Además, al realizar la prueba de comparación múltiple, se diferenciaron 5 grupos homogéneos.

A simple vista, se apreciaba que los colines que presentaban mayor porcentaje de *A. diaperinus* se desmigaban mucho más que aquellos con menor porcentaje.

Se observa entonces que conforme aumentaba el porcentaje de harina de insecto y disminuía la proporción de harina de trigo, y por lo tanto de proteínas de gluten, la estructura de los colines tendía a ser más quebradiza, menos firme.

3.6.4. Color

El color es uno de los atributos importantes de calidad de los alimentos. Aunque no necesariamente refleja valores nutricionales, de sabor o funcionalidad, determina la aceptabilidad de un producto por parte de los consumidores (Gülüm Sumnu & Sahin, 2009).

La harina de trigo y la de *A. diaperinus* tienen colores muy distintos, por lo que cuanto mayor porcentaje de harina de insecto se utilice, más variaciones habrá en el color del producto final.



Figura 14. Harina de trigo (izquierda) y harina de *A. diaperinus* (derecha).

Para conocer las diferencias entre ambas harinas, se midió su color. Se pudo apreciar que la harina de trigo tenía mucha luminosidad, al tratarse de una harina blanca refinada, mientras que la harina de insecto presentaba un valor mucho más bajo (tabla 10).

Para la variación rojo-verde, la harina de trigo presentó un valor prácticamente neutro en esta coordenada, mientras que la harina de *A. diaperinus* tendía al rojo. En el caso de la b^* , la harina de insecto presentó un valor que doblaba al de la otra harina utilizada (tabla 10).

Tabla 10. Parámetros CIELAB de las harinas de trigo y de insecto.

Harina	L^*	a^*	b^*
Trigo	92,26	-0,44	11,33
<i>A. diaperinus</i>	53,22	8,47	22,74

Para conocer las diferencias que se produjeron en los distintos ensayos y en las distintas partes del proceso, se tomaron medidas del color de la masa, la corteza y la miga de los colines.

Color de las masas

Tras el amasado, se reservó una parte de la masa para realizar la medida del color.

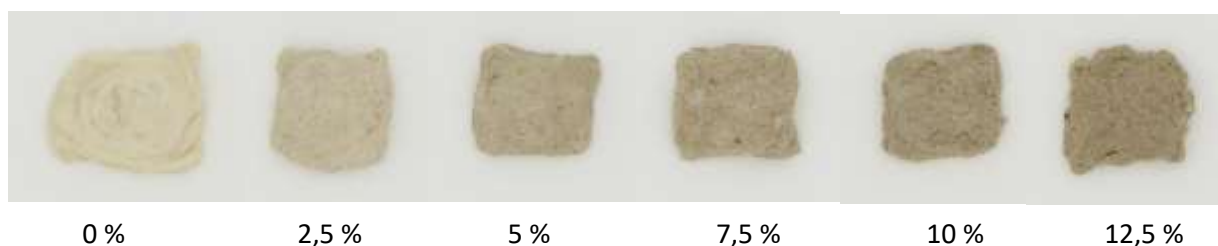


Figura 15. Vista de las masas elaboradas con distintos porcentajes de harina de insecto.

Se observó una clara disminución de la luminosidad al aumentar el porcentaje de harina de *A. diaperinus*, ya que esta harina, al ser de color marrón, hacía que la masa se oscureciera. En esta medida, hay diferencia significativa entre todos los grupos, destacando la disminución de L^* del producto control al que contiene un 2,5 % de la harina de insecto (tabla 11).

Al realizar un procedimiento de comparación múltiple para la variación rojo-verde, se apreció que la elaboración sin harina de insecto tenía un menor valor de a^* que el resto. En el caso de los colines con 5 % y 7,5 % no había diferencia significativa y lo mismo pasa con los que contenían 10 % y 12,5 % de harina de insecto. En el caso de la variación amarillo-azul, las variaciones eran escasas y entre los ensayos con mayor porcentaje de *A. diaperinus* no había diferencia significativa.

Tabla 11. Parámetros CIELAB de la masa para los distintos ensayos.

% <i>A. diaperinus</i>	Masa		
	L^*	a^*	b^*
0	$82,8 \pm 0,9^f$	$3,8 \pm 0,2^a$	$21,4 \pm 0,9^b$
2,5	$74,0 \pm 0,7^e$	$4,6 \pm 0,3^b$	$19,8 \pm 0,4^a$
5	$66,2 \pm 1,3^d$	$5,9 \pm 0,6^c$	$20,5 \pm 0,6^{ab}$
7,5	$63,6 \pm 1,1^c$	$6,0 \pm 0,6^c$	$19,5 \pm 0,5^a$
10	$58,8 \pm 0,8^b$	$7,0 \pm 0,5^d$	$19,8 \pm 0,4^a$
12,5	$55,0 \pm 1,7^a$	$7,6 \pm 0,4^d$	$19,7 \pm 0,3^a$

Medidas seguidas de letras distintas son significativamente diferentes a un 95 % de confianza (prueba de Tukey).

Color de la corteza



Figura 16. Colines con distintos porcentajes de harina de *A. diaperinus*.

Había diferencia significativa entre las elaboraciones con distintos porcentajes de harina de *A. diaperinus*, ya que conforme esta aumentaba, los colines tenían un color más oscuro, algo que ya sucedía en la masa y que se mantuvo tras la cocción, aunque las diferencias de luminosidad no fueron tan evidentes.

También se observaron pequeñas diferencias en la variación rojo-verde y más importantes en la variación amarillo-azul, donde al realizarse el procedimiento de comparación múltiple para determinar qué medidas son significativamente diferentes de otras, se obtuvieron 6 grupos distintos. El valor de b^* disminuía conforme aumentaba el porcentaje de harina de insecto.

Tabla 12. Parámetros CIELAB de la corteza para los distintos ensayos.

% <i>A. diaperinus</i>	Corteza		
	L*	a*	b*
0	65,9 ± 2,6 ^e	15,9 ± 1,3 ^c	37,0 ± 0,5 ^f
2,5	60,8 ± 2,6 ^d	14,8 ± 1,4 ^a	34,5 ± 0,6 ^e
5	55,5 ± 2,0 ^c	14,9 ± 1,0 ^{ab}	32,2 ± 0,5 ^d
7,5	50,7 ± 1,8 ^b	15,6 ± 0,7 ^{bc}	30,5 ± 0,8 ^c
10	47,1 ± 1,6 ^a	15,8 ± 0,6 ^c	28,9 ± 1,0 ^b
12,5	46,0 ± 1,8 ^a	16,2 ± 0,8 ^c	28,2 ± 0,9 ^a

Medidas seguidas de letras distintas son significativamente diferentes a un 95 % de confianza (prueba de Tukey).

De Oliveira, da Silva Lucas, Cadaval, & Mellado, (2017) desarrollaron pan de harina de trigo integral y harina de *Nauphoeta cinerea*. Realizaron medidas del color de la corteza como parámetro de características externas de su producto.

Al incorporar harina de trigo integral, los panes con harina de insecto presentan parámetros de color de corteza y miga similares al pan control.

Color de la miga

Igual que sucedía en las medidas de la masa y la corteza, la luminosidad de la miga disminuía al aumentar el porcentaje de harina de insecto utilizada en la elaboración, debido al color oscuro de esta harina. Sin embargo, a partir del 7,5 % de harina de *A. diaperinus* no se encontraron diferencias significativas.



Figura 17. Vista de rebanadas de colines listas para su medición en el Digieye.

Tanto en el caso de la variación rojo-verde (a*) como en la variación amarillo-azul (b*), existen diferencias significativas entre los distintos ensayos.

En el caso de la b*, se observó una clara disminución de los valores conforme aumentaba el porcentaje de harina de insecto, ya que la miga del producto pasó de un color más dorado a uno más marrón, igual que sucedía en la corteza.

Tabla 13. Parámetros CIELAB de la miga para los distintos ensayos.

% <i>A. diaperinus</i>	Miga		
	L*	a*	b*
0	76,9 ± 1,0 ^d	6,7 ± 0,5 ^a	26,3 ± 0,9 ^c
2,5	63,8 ± 4,6 ^c	7,5 ± 0,8 ^{ab}	24,6 ± 0,6 ^{bc}
5	63,1 ± 1,4 ^b	7,4 ± 0,9 ^{ab}	24,9 ± 1,6 ^{bc}
7,5	58,9 ± 1,7 ^a	8,1 ± 0,5 ^b	24,0 ± 0,7 ^{ab}
10	56,7 ± 2,1 ^a	8,1 ± 1,0 ^b	23,6 ± 1,8 ^{ab}
12,5	57,3 ± 0,9 ^a	7,3 ± 1,5 ^{ab}	22,4 ± 1,1 ^a

Medidas seguidas de letras distintas son significativamente diferentes a un 95 % de confianza (prueba de Tukey).

Tras haber realizado las medidas del color en la masa y en el producto tras la cocción (corteza y miga), se apreciaba que donde hay mayores diferencias entre los ensayos era en la luminosidad. Para la L* en todas las mediciones realizadas, conforme aumentaba la proporción de harina de *A. diaperinus*, su luminosidad era menor, habiendo una diferencia de casi 30 puntos en la masa y de prácticamente 20 en la corteza y la miga (figura 18).

Los valores más altos se encontraban en la masa, ya que al no haber pasado por el proceso de cocción, las diferencias entre los ensayos es más visible que tras el horneado, cuando todos los colines se ven afectados por la reacción de Maillard (sobre todo en la corteza) y en general, oscurecen con respecto al producto crudo.

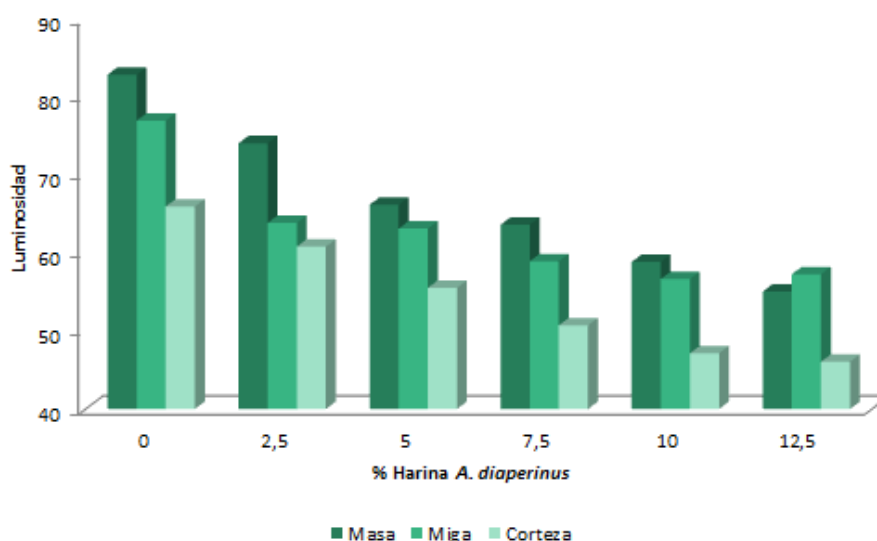


Figura 18. Medida de luminosidad (L*) en masa, miga y corteza de todos los ensayos.

3.6.5. Composición nutricional

En la tabla 17 se muestra una estimación de la composición nutricional de los productos obtenida mediante cálculo a partir de los datos de composición disponibles de las materias primas, de las formulaciones y teniendo en cuenta la pérdida de peso durante el horneado.

A la hora de elaborar los distintos ensayos, se trató de mantener constante el porcentaje de grasa del producto final (tabla 14). La harina de insecto es rica en grasa (24,7 %), por lo que conforme el porcentaje de la misma aumentaba, disminuía la cantidad de aceite de girasol que se añadía a la masa. Como resultado, en los productos obtenidos, el contenido en grasas

totales se mantuvo sobre el 18 %. El contenido en grasas saturadas aumentaba ligeramente, debido a que disminuía la aportación de lípidos poliinsaturados del aceite de girasol, y a que un 32 % de la grasa de la harina de insecto es saturada.

Normalmente, el pan es un producto rico en hidratos de carbono, ya que su ingrediente principal es la harina de trigo. El principal efecto de la adición de harina de *A. diaperinus* es la disminución del porcentaje relativo de hidratos de carbono y el aumento de la cantidad de proteínas del producto, ya que dicha harina contiene un 58,6 % de este nutriente.

Tabla 14. Composición nutricional por 100 g de producto final.

% Harina A. <i>diaperinus</i>	Grasas (g)	Grasas saturadas (g)	Hidratos de carbono (g)	Azúcares (g)	Proteína (g)	Sal (g)	Fibra (g)
0	18,15	2,02	59,39	0,59	9,04	1,77	0
2,5	18,23	2,22	57,82	0,57	10,94	1,77	0,19
5	18,09	2,40	55,56	0,55	12,68	1,75	0,38
7,5	18,33	2,63	54,40	0,53	14,75	1,77	0,58
10	18,27	2,81	52,47	0,51	16,50	1,76	0,77
12,5	17,98	2,95	49,85	0,48	18,04	1,73	0,94

Según el Reglamento (CE) N ° 1924/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo de 20 de diciembre de 2006 relativo a las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables en los alimentos, para que un producto pueda ser nombrado como “fuente de proteínas”, estas deben aportar como mínimo un 12 % del valor energético y un 20 % si se incluye la mención “alto contenido de proteínas”.

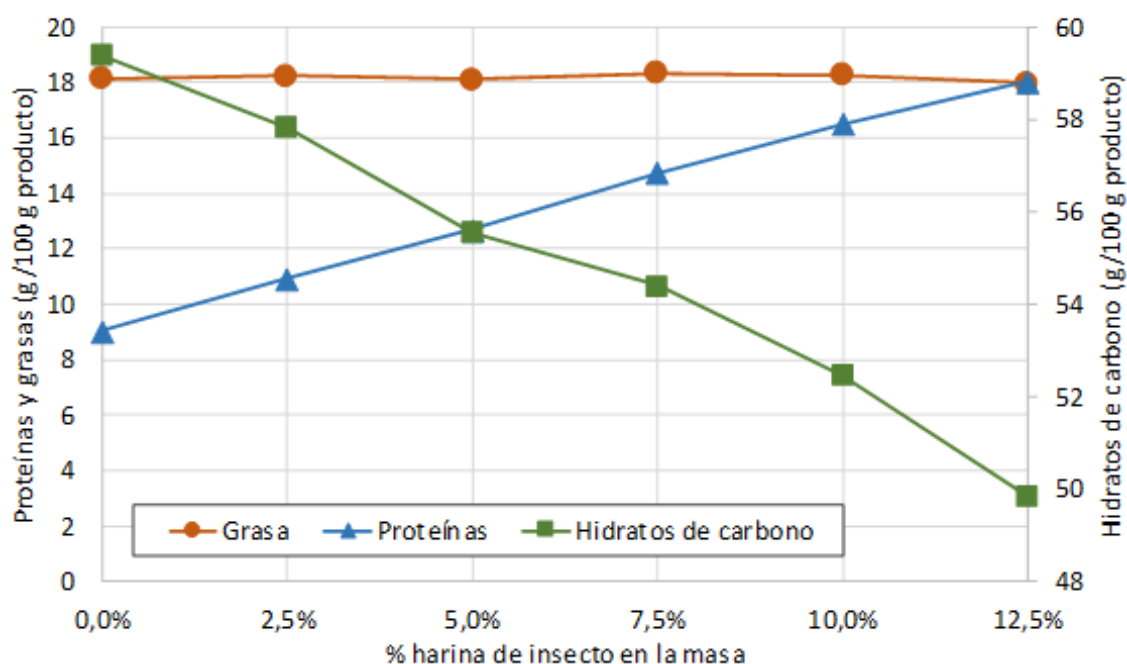


Figura 19. Contenido de proteínas, grasas e hidratos de carbono de los distintos ensayos.

Al calcular la composición nutricional de los diferentes ensayos en función de los ingredientes que se incorporaron a la masa, se pondría incluir la declaración nutricional “fuente de proteínas” en los colines que contienen un 5 % o más de harina de *A. diaperinus*.

El porcentaje de fibra es directamente proporcional a la cantidad de harina de insecto que se añade, al ser el único ingrediente que contiene este nutriente. Así, cada vez que aumentaba un 2,5 % el porcentaje de esta harina, aumentaba un 0,2 % el contenido de fibra del producto (tabla 4).

La disminución de hidratos de carbono influye, como era de esperar, en la disminución del contenido de azúcares. En todas las elaboraciones se podría incluir la declaración nutricional “bajo contenido en azúcares”, ya que en todos los casos contiene menos de 5 g de azúcar por cada 100 g de producto. Incluso en el ensayo con 12,5 % de harina de insecto podría decirse que es un producto “sin azúcar, al tener menos de 0,5 g/100 g.

Actualmente, la marca Fazer comercializa en Finlandia un pan que incluye un 3 % de harina de grillos (*Acheta domesticus*).

Al tener un porcentaje tan bajo de insecto, las proteínas suponen un 11 % de la composición nutricional, lo que se encuentra por debajo de las elaboraciones realizadas en este estudio que contienen un 5 % de harina de *A. diaperinus* o más. Sin embargo, en lo que respecta a las grasas, tiene un porcentaje muy bajo. Se debe tener en cuenta que al realizar los snacks de pan, se buscaba una aproximación a los comercializados hoy en día, por lo que se buscaba un producto con mayor contenido en grasas, que fuese más untuoso y agradable en boca.

En el caso del contenido en azúcares, el pan de *A. domesticus* y el elaborado en este estudio tienen un contenido similar. Esto se debe a que en ambos casos se utilizó harina de trigo para realizar el producto, aunque en el caso del producto finlandés también incorporan harina de centeno.

La cantidad de fibra del pan comercializado en Finlandia es muy superior, ya que incluye harina de centeno y otros ingredientes que aumentan la proporción de este nutriente (semillas de girasol, semillas de sésamo, linaza...) (Fazer, 2017). En el caso de los snacks de pan, la harina de insecto es la única materia prima que aportaba fibra al producto final.

Tabla 15. Composición nutricional del pan de *Acheta domesticus* (Fazer) por 100 g de producto.

	Grasas (g)	Grasas saturadas (g)	Hidratos de carbono (g)	Azúcares (g)	Fibra (g)	Proteínas (g)	Sal (g)
Pan de Acheta domesticus (Fazer)	7,5	1,0	37	0,4	4,7	11	1,3

Fuente: Fazer, 2017

En el caso del estudio realizado en Brasil (de Oliveira et al., 2017), el pan con 5 % de harina de *N. cinerea* contenía un 7,88 % de proteína. Al añadir un 5 % más de esta harina, el contenido proteico aumentaba hasta el 12,53 % y al alcanzar un 15 % de la harina de insecto hasta un

14,67 %. La cantidad de este nutriente es inferior al alcanzado en este estudio para contenidos de harina de insecto menores.

3.6.6. Evaluación sensorial

A la hora de valorar las características visuales de los colines, en todos los casos la elaboración con mayor puntuación fue la que no contenía harina de *A. diaperinus* mientras que la que se encontró en último lugar era la que contenía un 10 % de la harina de insecto. En los cuatro casos (apariencia, color corteza, color miga y olor) la muestra se posicionó más arriba cuanto menor era su porcentaje de harina de insecto.

Además, al aplicar el procedimiento de comparación múltiple, la distribución por grupos fue igual en el caso de la apariencia, el color de la corteza, el color de la miga y el regusto, coincidiendo en el mismo grupo las muestras con 0 % y 2,5 % de harina de *A. diaperinus*.

Tabla 16. Resultados de los parámetros del análisis sensorial.

% Harina de <i>A. diaperinus</i>	Apariencia	Color corteza	Color miga	Olor
0	5,95 ± 1,05 ^d	6,04 ± 0,97 ^d	5,96 ± 1,03 ^d	5,71 ± 0,99 ^b
2,5	5,89 ± 0,89 ^d	5,96 ± 0,74 ^d	5,96 ± 0,63 ^d	5,55 ± 0,85 ^b
5	5,11 ± 1,07 ^c	5,02 ± 1,02 ^c	5,41 ± 0,99 ^c	5,48 ± 0,97 ^b
7,5	4,70 ± 1,11 ^b	4,52 ± 1,16 ^b	4,88 ± 1,15 ^b	5,04 ± 1,21 ^a
10	4,07 ± 1,22 ^a	3,89 ± 1,07 ^a	4,41 ± 1,33 ^a	4,88 ± 1,24 ^a
% Harina de <i>A. diaperinus</i>	Textura	Sabor	Regusto	Impresión global
0	5,52 ± 1,14 ^{bc}	5,93 ± 1,02 ^c	5,73 ± 0,98 ^d	6,09 ± 0,79 ^c
2,5	5,63 ± 0,95 ^c	5,77 ± 1,08 ^c	5,43 ± 1,25 ^d	5,82 ± 0,79 ^c
5	5,59 ± 0,91 ^c	5,04 ± 1,32 ^b	4,54 ± 1,40 ^c	5,14 ± 1,15 ^b
7,5	5,14 ± 1,12 ^{ab}	3,96 ± 1,49 ^a	3,52 ± 1,57 ^b	4,29 ± 1,28 ^a
10	4,84 ± 1,33 ^a	3,71 ± 1,71 ^a	3,00 ± 1,46 ^a	3,82 ± 1,44 ^a

Medidas seguidas de letras distintas son significativamente diferentes a un 95 % de confianza (prueba de Tukey).

En el caso de los aspectos que se apreciaban en boca, las valoraciones fueron algo inferiores para todas las muestras e igual que en las mencionadas antes, conforme aumentaba el porcentaje de harina de insecto, la muestra obtenía una puntuación menor.

Es destacable que al realizar una comparación múltiple, la impresión global y el sabor tuvieron la misma distribución en grupos. Esto puede ser debido a que el sabor fue la característica que más valoraron los catadores.

En todos los atributos de los colines, hay diferencias significativas entre las elaboraciones. Aun así, en ninguno de los casos los catadores asignaron una nota por debajo de 3 puntos, lo que coincide con “me disgusta un poco” en la escala de 7 puntos. El atributo con menores puntuaciones en los productos con mayor proporción de harina de insecto fue claramente el regusto o sabor residual. Por el contrario, el parámetro que menos parece verse afectado por la presencia de harina de insecto es el olor.

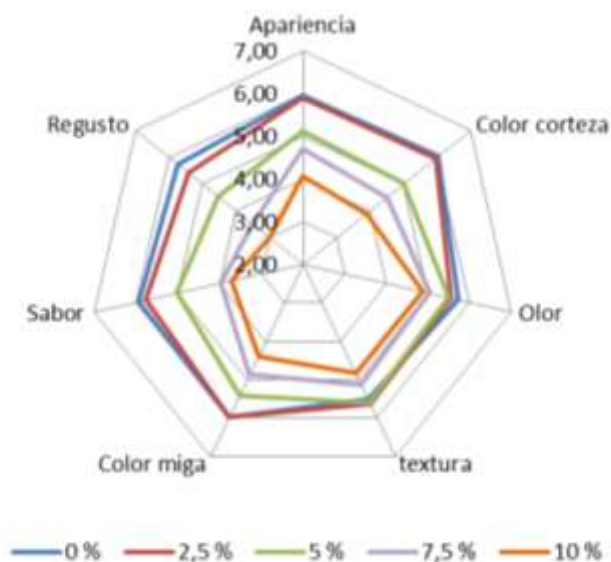


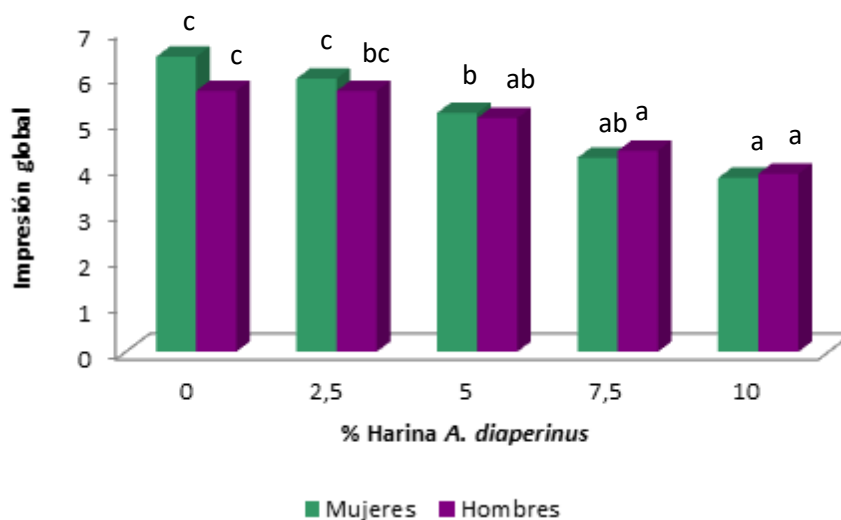
Figura 20. Valoración de los catadores de los distintos parámetros.

Tabla 17. Correlaciones lineales entre los atributos sensoriales.

	Apariencia	Color corteza	Olor	Textura	Color miga	Sabor	Regusto
Color corteza	0,835						
Olor	0,385	0,390					
Textura	0,399	0,429	0,491				
Color miga	0,605	0,676	0,433	0,556			
Sabor	0,498	0,559	0,432	0,541	0,662		
Regusto	0,475	0,553	0,330	0,471	0,588	0,853	
Imp. Global	0,596	0,661	0,500	0,552	0,676	0,879	0,834

Atendiendo a las correlaciones lineales entre los parámetros sensoriales analizados (tabla 17), se comprobó que fueron el sabor y el sabor residual los más ligados a la impresión global, mientras que el olor parecía tener un peso menor en la misma. Por otro lado, también se observaba una elevada correlación entre la apariencia y el color.

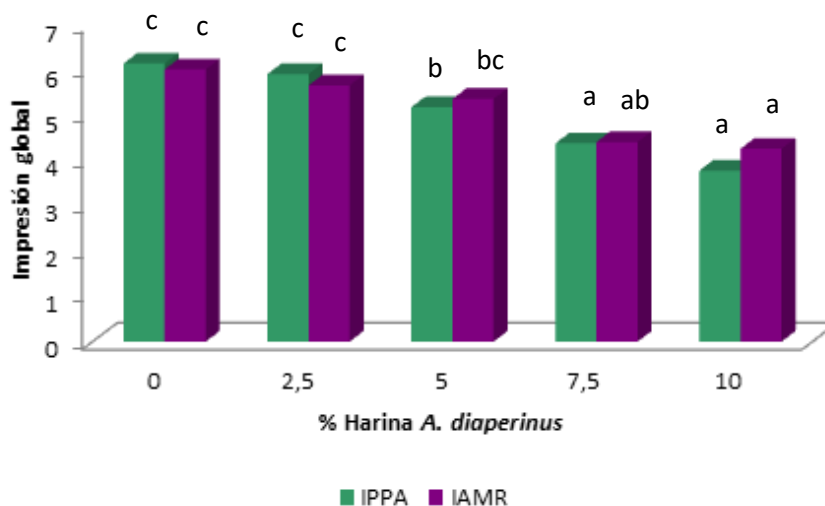
Al dividir a los catadores por su sexo, se pudo observar que las mujeres fueron ligeramente más discriminantes a la hora de valorar las muestras, mientras que los hombres usaron un rango de la escala menor.



Medidas seguidas de letras distintas son significativamente diferentes a un 95 % de confianza (prueba de Tukey).

Figura 21. Impresión global de las muestras en función del sexo de los jueces.

Si en lugar de poner el sexo se dividía a los catadores en función del Grado que estudiaban, se apreciaba que los alumnos de IAMR fueron menos discriminantes, ya que al realizar una comparación múltiple, tan solo se dividieron en dos grupos las muestras. Aun así, hubo diferencia significativa entre los distintos porcentajes.



Medidas seguidas de letras distintas son significativamente diferentes a un 95 % de confianza (prueba de Tukey).

Figura 22. Impresión global de las muestras en función del Grado de procedencia de los estudiantes.

En el caso de los catadores de IPPA, se apreció un poder discriminante ligeramente mayor al de los estudiantes de IAMR, al observarse una mayor diferencia entre sus valoraciones para las diferentes muestras.

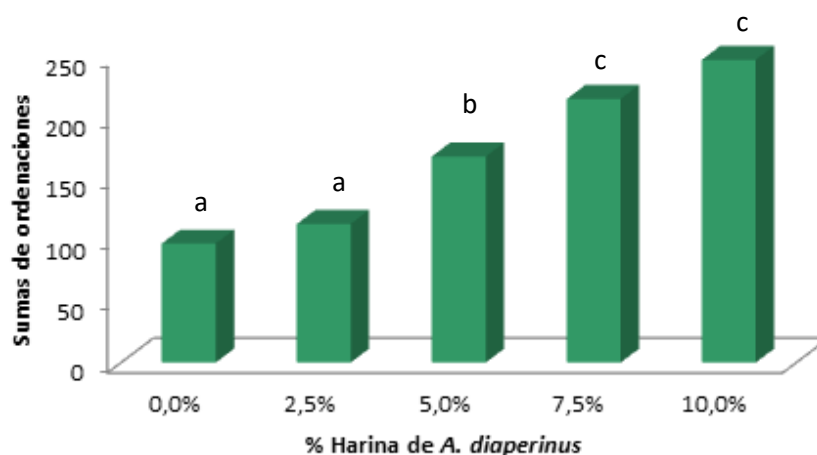
Un dato a tener en cuenta es que de los catadores que estudiaban IAMR tan solo un 35 % conocían los alimentos con insectos, mientras que en el Grado de IPPA el porcentaje asciende hasta el 73,33 %.

Al realizar la prueba de Friedman para la ordenación de las muestras, se vio claramente como conforme aumentaba el porcentaje de harina de *A. diaperinus* la aceptación por parte de los catadores disminuía (figura 23).

La suma de ordenaciones obtenida por la muestra con una valoración superior era la más baja, porque los catadores valoraban del 1 al 5, siendo la primera la que más agradaba y la última la que menos.

La F tabulada para un número de jueces superior a 30 es de 9,49 para un grado de confianza del 95 %, mientras que la F calculada es 117,97. Por lo tanto, se puede afirmar que hay diferencias entre las muestras con un riesgo de error del 5 %.

Al comparar unas con otras, se concluyó que las únicas muestras entre las que no hubo diferencia según los catadores fueron las que contenían 0 y 2,5 % de harina de insecto y entre las de 7,5 y 10 % de esta harina.



Medidas seguidas de letras distintas son significativamente diferentes a un 95 % de confianza (prueba de Friedman).

Figura 23. Suma de ordenaciones de cada muestra evaluada.

Cuando se les preguntó a los catadores si comprarían productos que incluyan insectos, un 89,29 % mostró una actitud positiva. En el estudio realizado en 2017 en Brasil (de Oliveira, Jantzen, Lopes y Sallas), un 63 % respondió afirmativamente cuando se les preguntó sobre la intención de compra, lo que consideran un buen resultado al tratarse de un producto desconocido y nuevo con respecto a la cultura de los catadores.

3.6.7. Coste de producción del producto

A la hora de calcular los costes de producción se deben tener en cuenta no solo los gastos que suponen las materias primas, sino también los gastos de agua y electricidad que generan los equipos utilizados.

Sin embargo, en este caso, tan solo se calcularon los costes de los ingredientes, ya que al no tratarse de un proceso industrial, la cantidad de producto que se elaboraba era muy pequeña para considerar los consumos de los equipos y la parte proporcional a una tarifa fija de agua y luz. Tampoco se tuvieron en cuenta los gastos de personal por el mismo motivo.

En la tabla 18 se presentan los costes que suponen las materias primas para 1 kg de masa. Como el precio de la harina de *A. diaperinus* es el más elevado de todos los ingredientes, es evidente que conforme aumenta el porcentaje que se añade, el coste es mayor.

Tabla 18. Coste de materias primas para 1 kg de masa (euros).

Coste/kg de masa (euros)						
% Harina de <i>A. diaperinus</i>	Harina de trigo	Harina de <i>A. diaperinus</i>	Aceite	Levadura	Sal	COSTE TOTAL
0	0,63	0	0,16	0,11	<0,01	0,9
2,5	0,61	0,5	0,15	0,11	<0,01	1,37
5	0,59	1	0,14	0,11	<0,01	1,84
7,5	0,56	1,5	0,13	0,11	<0,01	2,3
10	0,54	2	0,13	0,11	<0,01	2,78
12,5	0,52	2,5	0,12	0,11	<0,01	3,25

CONCLUSIONES

Tras haber analizado los resultados se puede afirmar que la sustitución de harina de trigo por harina de *A. diaperinus* provoca la disminución de la altura de los snacks de pan (excepto en el ensayo de 12,5 %) y su firmeza, dando lugar a un producto más quebradizo y con menor volumen. Además, conforme se aumenta la proporción de harina de insecto, el color de la masa y del producto final es más oscuro, lo que provoca que los catadores encuentren el producto menos atractivo cuando se les pregunta por su apariencia.

Por otro lado, la respuesta de los consumidores potenciales no ha sido tan negativa como se podría esperar teniendo en cuenta que los insectos no forman parte de la dieta tradicional occidental, sino que normalmente están asociados a plagas y enfermedades. Conforme aumenta el porcentaje de harina de *A. diaperinus*, la valoración por parte de los jueces era más baja, aunque en ningún parámetro se obtuvo una media inferior a 3 (en una escala sobre 7). Los atributos sensoriales más afectados por la incorporación de la harina de insecto fueron el sabor, y sobre todo, el regusto o sabor residual.

En lo que respecta a la composición nutricional, el nutriente con mayor presencia en la harina de insecto utilizada es la proteína, así que, como era de esperar, el contenido proteico de los snacks de pan aumenta, pudiendo incluir la declaración nutricional “fuente de proteínas” en todos aquellos que contengan un 5 % o más de la harina de *A. diaperinus*.

El porcentaje de grasas saturadas del producto final aumenta ligeramente cuando se agrega más harina de insecto. Esto se debe a que para mantener un contenido graso similar en todos los ensayos se debe reducir proporcionalmente el aceite de girasol que se añade a la masa, reduciendo el aporte de grasas poliinsaturadas.

El porcentaje de hidratos de carbono de los colines es inversamente proporcional a la cantidad de harina de insecto que se añade, ya que tan solo un 6,7 % de su composición corresponde a este nutriente, lo que se ve reflejado en el producto final. Lo mismo ocurre con el contenido en azúcares.

Al calcular los costes de materia prima, la incorporación de harina de *A. diaperinus* supone un aumento de casi 0,50 euros cada vez que se aumenta un 2,5 % el porcentaje de la misma en 1 kg de masa, lo que encarece bastante el producto final.

La harina de *A. diaperinus* es la única materia prima con fibra de todas las utilizadas, por lo que cuanto mayor es su proporción, el aporte de fibra aumenta. En futuros estudios se podría utilizar harina de trigo integral para aumentar el contenido en fibra de los colines. La incorporación de esta harina también podría disminuir las diferencias en apariencia entre los colines con mayor y menor porcentaje de harina de insecto.

La formulación utilizada en este trabajo fue muy sencilla. Cabría la posibilidad de estudiar la inclusión de algún ingrediente adicional (saborizante, aroma, colorante) que permitieran paliar las características negativas derivadas de la harina de insecto, para mejorar la apreciación por parte de los consumidores, en particular en lo que respecta al sabor y regusto.

4. BIBLIOGRAFÍA

- Adámková, A., Kourimská, L., Borkovcová, M., Kulma, M., & Mlcek, J. (2016). Nutritional values of edible coleoptera (*Tenebrio molitor*, *Zophobas morio* and *Alphitobius diaperinus*) reared in the Czech Republic. *Potravinarstvo Scientific Journal for Food Industry*, 10, 663-671.
- Aiking, H. (2011). Future protein supply. *Trends in Food Science and Technology*, 22, 112-120.
- Aldento. (2018). Recuperado 9 de marzo de 2018, a partir de <http://goffardsisters.com/>
- Barker, D., Fitzpatrick, M. P., & Dierenfeld, E. S. (1998). Nutrient composition of selected whole invertebrates. *Zoo Biology*, 17, 123-134.
- Belluco, S., Losasso, C., Maggioletti, M., Alonzi, C. C., Paoletti, M. G., & Ricci, A. (2013). Edible Insects in a Food Safety and Nutritional Perspective: A Critical Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12, 296-313.
- Bosch, G., Zhang, S., Oonincx, D. G. A. B., & Hendriks, W. H. (2014). Protein quality of insects as potential ingredients for dog and cat foods. *Journal of Nutritional Science*, 3(e29), 1-4.
- Bugsolutely. (2018). Recuperado 9 de marzo de 2018, a partir de <http://www.bugsolutely.com/>
- Bukkens, S. G. F. (1997). The nutritional value of edible insects. *Ecology of Food and Nutrition*, 36, 287-319.
- Cerda, H., Martínez, R., Briceno, N., Pizzoferrato, L., Manzi, P., Tommaseo Ponzetta, M., ... Paoletti, M. G. (2001). Palm worm (*Rhynchophorus palmarum*) traditional food in Amazonas, Venezuela - nutritional composition, small scale production and tourist palatability. *Ecology of Food and Nutrition*, 40, 13-32.
- Chirpschips. (2018). Recuperado 9 de marzo de 2018, a partir de <https://chirpschips.com/>
- Collavo, A., Glew, R. H., Huang, Y. S., Chuang, L. T., Bosse, R., & Paoletti, M. G. (2005). House cricket small-scale farming. *New Hampshire: Science Publishers*, 519-544.
- de Oliveira, L. M., da Silva Lucas, A. J., Cadaval, C. L., & Mellado, M. S. (2017). Bread enriched with flour from cinereous cockroach (*Nauphoeta cinerea*). *Innovate Food Science and Emerging Technologies*, 44, 30-35.
- Delibugs. (2018). Recuperado 8 de marzo de 2018, a partir de <https://www.delibugs.nl/>
- Dossey, A. T., Morales-Ramos, J. A., & Rojas, G. M. (2016). *Insects as Sustainable Food Ingredients. Production, Processing and Food Applications*. Elsevier.
- Dreassi, E., Cito, A., Zanfini, A., Materozzi, L., Botta, M., & Francardi, V. (2017). Dietary fatty acids influence the growth and fatty acid composition of the yellow mealworm *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Lipids*, 52, 285-294.
- EFSA Scientific Committee. (2015). Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. *EFSA Journal*, 13(10), 1-60. <https://doi.org/10.2903>

- Ekpo, K. E. (2011). Effect of processing on the protein quality of four popular insects consumed in Southern Nigeria. *Archives of Applied Science Research*, 37, 307-326.
- FAO. (2008). Forest Insects as Food: Gymans Bite Back. (P. B. Durst, D. V. Johnson, R. N. Leslie, & K. Shono, Eds.).
- FAO. (2013). Edible Insects future prospects for food and feed security. FAO Forestly Paper 171.
- FAO. (2015). Insects for food and feed. Recuperado 8 de marzo de 2018, a partir de www.fao.org/edible-insects/stakeholder-directory/en/
- Fast, P. G. (1970). Insect lipids. *Progress in the Chemistry of Fats and other Lipids*, 11, 181-242.
- Fazer. (2017). Fazer. Recuperado 6 de marzo de 2018, a partir de <https://www.fazer.fi/tuotteet-ja-asiakaspalvelu/leipa/fazer-sirkkaleipa/>
- Finke, M. D. (2002). Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. *Zoo Biology*, 21(3), 269-285.
- Finke, M. D. (2007). Estimate of chitin in raw whole insects. *Zoo Biology*, 26, 105-115.
- Finke, M. D. (2013). Complete nutrient content of four species of feeder insects. *Zoo Biology*, 26, 27-36.
- Finke, M. D. (2015). Complete nutrient content of three species of wild caught insects, pallid-winged grasshopper *Trimerotropis pallidipennis*, rhinoceros beetles *Oxygryllus ruginasus* and white-lined sphinx moth *Hyles lineata*. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1, 281-292.
- Finke, M. D., & Oonincx, D. G. A. B. (2017). Nutrient content of insects. En *Insects as food and feed. From production to consumption* (pp. 291-308). Laboratory of Entomology, Wageningen University and Research, PO. Box 16, 6700 AA Wageningen, The Netherlands: Wageningen Academic Publishers.
- Gahukar, R. T. (2011). Entomophagy and human food security. *International Journal of Tropical Insect Science*, 31, 129-144.
- Green Kow. (2018). Recuperado 9 de marzo de 2018, a partir de <http://greenkow.be/>
- Gülüm Sumnu, S., & Sahin, S. (2009). *Propiedades físicas de los alimentos*. Zaragoza: Acribia.
- Hartmann, C., Shi, J., Giusto, A., & Siegrist, M. (2015). The psychology of eating insects: A cross-cultural comparison between Germany and China. *Food Quality and Preference*, 44, 148-156.
- Ibáñez, F. C., & Barcina, Y. (2001). *Análisis sensorial de alimentos. Métodos y aplicaciones*. Barcelona: Springer-Verlag Ibérica.

- Iñiguez-Covarrubias, G., De Franco-Gomez, M. J., & Del R Andrade-Maldonado, M. J. (1994). Biodegradation of swine waste by house-fly larvae and evaluation of their protein quality in rats. *Journal of Applied Animal Research*, 5, 65-74.
- Jones, L. D., Cooper, R. W., & Harding, R. S. (1972). Composition of mealworm *Tenebrio molitor* larvae. *Journal of Zoo Animal Medicine*, 3, 34-41.
- Kinyuru, J. N., Kenji, G. M., & Njoroge, M. S. (2009). Effect of processing methods on the in vitro protein digestibility and vitamin content of edible winged termite (*Macrotermes subhyllanus*) and grasshopper (*Ruspolia differens*). *African Journal of Food Agriculture Nutrition and Development*, 9(8), 1739-1750.
- Kourimská, L., & Adámková, A. (2016). Nutritional and sensory quality of edible insects. *NFS Journal*, 4, 22-26.
- Kreca. (2018). Recuperado 12 de marzo de 2018, a partir de <http://www.kreca.com/>
- Lease, H. M., & Wolf, B. O. (2011). Lipid content of terrestrial arthropods in relation to body size, phylogeny, ontogeny and sex. *Physiological Entomology*, 271, 29-38.
- Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2010). The green blue and grey water footprint of farm animals and animal products.
- Micronutris. (2018). Recuperado 7 de marzo de 2018, a partir de <https://www.micronutris.com/fr/accueil>
- Mlcek, J., Rop, O., Borkovcova, M., & Bednarova, M. (2014). A Comprehensive Look at the Possibilities of Edible Insects as Food in Europe -a Review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 64(3), 147-157.
- Oonincx, D. G. A. B. (2017). Environmental impact of insect production. En *Insects as food and feed. From production to consumption* (pp. 46-67). Laboratory of Entomology, Wageningen University and Research, PO. Box 16, 6700 AA Wageningen, The Netherlands: Wageningen Academic Publishers.
- Oonincx, D. G. A. B., & Dierenfeld, E. S. (2012). An investigation into the chemical composition of alternative invertebrate prey. *Zoo Biology*, 31, 40-54.
- Oonincx, D. G. A. B., Van Broekhoven, S., Van Huis, A., & Van Loon, J. J. A. (2015). Feed Conversion, Survival and Development, and Composition of Four Insect Species on Diets Composed of Food By-Products.
- Oonincx, D. G. A. B., & Van der Poel, A. F. (2011). Effects of diet on the chemical composition of migratory locusts (*Locusta migratoria*). *Zoo Biology*, 30, 9-16.
- Oonincx, D. G. A. B., Van Leeuwen, J. P., Hendriks, W. H., & Van der Poel, A. F. B. (2015). The diet of free-roaming Australian central bearded dragons (*Pogona vitticeps*). *Zoo Biology*, 31, 271-277.
- Ozimek, L., Sauer, W. C., Kozikowski, V., Ryan, J. K., Jorgensen, H., & Jelen, P. (1985). Nutritive value of protein extracted from honey bees. *Journal of Food Science*, 50, 1327-1329.

- Pal, P., & Roy, S. (2014). Edible insects: future of human food: a review. *International Letters of Natural Sciences*, 21, 1-11.
- Paul, A., Frederich, M., Megido, R. C., Alabi, T., Malik, P., Uyttenbroeck, R., ... Danthine, S. (2017). Insect fatty acids: a comparison from three Orthoteran and *Tenebrio molitor* L. larvae. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 20, 337-340.
- Pimentel, D., & Pimentel, M. (2003). Sustainability of meat-based and plant-based diets and the environment. *American Journal of Clinical Nutrition*, 78, 660S-663S.
- Ramos-Elorduy, J. (1998). *Creepy Crawly Cuisine: The Gourmet Guide to Edible Insects*. Rochester, Vermont, EE.UU.: Park Street Press.
- Ramos-Elorduy, J. (2005). A hopeful food source. En M. Paoletti (Ed.), *Ecological Implications of Minilivestock (Role of Rodents, Frogs, Snails and Insects for Sustainable Development)* (pp. 263-291). New Hampshire, EE.UU.: Science.
- Rozin, P., & Vollmecke, T. A. (1986). Food Likes and Dislikes. *Annual Review of Nutrition*, 6, 433-456.
- Rumpold, B. A., & Schlüter, O. K. (2013a). Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition and Food Research*, 57, 802-823.
- Sancho, J., Bota, E., & de Castro, J. J. (1999). *Introducción al análisis sensorial de los alimentos*. Barcelona: Edicions de la Universitat de Barcelona.
- Snack Insects. (2018). Recuperado 9 de marzo de 2018, a partir de <http://snackinsects.com/>
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., & Rosales, M. (2006). *Livestock's long shadow. Environmental issues and options*. (C. De Haan, Ed.). FAO.
- Stoops, J., Vanderweyer, D., Crauwels, S., Verreth, C., Boeckx, H., Van Der Borght, M., ... Van Campenhout, L. (2017). Minced meat-like products from mealworm larvae (*Tenebrio molitor* and *Alphitobius diaperinus*): microbial dynamics during production and storage. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 41, 1-9.
- Tejero, F. (2018). Colines y picos [franciscotejero.com]. Recuperado 22 de enero de 2018, a partir de <http://www.franciscotejero.com/recetas/elaboraciones-de-panaderia/colines-y-picos/>
- Thompson, S. N. (1973). Review and comparative characterization of fatty-acid compositions of seven insect orders. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 45, 467-482.
- UE (2006). DOUE 30/12/2006, L404/9-25. Reglamento (CE) N° 1924/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo de 20 de diciembre de 2006 relativo a las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables en los alimentos.
- UE (2015). DOUE 11/12/2015, L327/1-22. Reglamento (UE) 2015/2283 del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de noviembre de 2015 relativo a los nuevos alimentos, por el que se modifica el Reglamento (UE) n° 1169/2011 del Parlamento Europeo y del

Consejo y se derogan el Reglamento (CE) n°258/97 del Parlamento Europeo y del Consejo y el Reglamento (CE) n° 1852/2001 de la Comisión.

United Nations, & Department of Economic and Social Affairs (population division). (2017). World population prospects. The 2017 revision.

Universidad Pública de Navarra. (2017). Datos básicos de la Universidad. Recuperado 1 de marzo de 2018, a partir de <https://www.unavarra.es/conocerlauniversidad/datos-basicos/la-universidad-en-cifras>

Van Broekhoven, S., Oonincx, D. G. A. B., Van Huis, A., & Van Loon, J. J. A. (2015). Growth performance and feed conversion efficiency of three edible mealworm species on diets composed of organic by-products. *Journal of Insect Physiology*, 73, 1-10.

Vijver, M., Jager, T., Posthuma, L., & Peijnenburg, W. (2003). Metal uptake from soils and soil sediment mixtures by larvae of *Tenebrio molitor* (L.) (Coleoptera). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 54, 277-289.

Wageningen University & Research. (2017). List of edible insects of the world. Recuperado 19 de marzo de 2018, a partir de <https://www.wur.nl/en/Expertise-Services/Chair-groups/Plant-Sciences/Laboratory-of-Entomology/Edible-insects/Worldwide-species-list.htm>

Wu, G., Bazer, F. W., & Cross, H. R. (2014). Land based production of animal protein: impacts, efficiency, and sustainability. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1328(1), 18-28.

Xia, Z., Wu, S., Pan, S., & Kim, M. J. (2012). Nutritional evaluation of protein from *Clarins bilineata* (Lepidoptera), an edible insect. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92, 1479-1482.

Yang, L. F., Siriamornpun, S., & Li, D. (2006). Polyunsaturated fatty acid content of edible insects in Thailand. *Journal of Food Lipids*, 13, 277-285.

Yi, L., Lakemond, C. M. M., Sagis, L. M. C., Eisner-Schadler, V., Huis, A. V., & Boekel, M. A. J. S. V. (2013). Extraction and characterisation of protein fractions from five insect species. *Food Chemistry*, 141, 3341-3348.

Zagrobelny, M., Dreon, A. L., Gomiero, T., Marcazzan, G. L., Glaring, M. A., Moller, B. L., & Paoletti, M. G. (2009). Toxic moths: source of a truly safe delicacy. *Journal of Ethnobiology*, 29, 64-76.

5. ANEXOS

Anexo 1. Ficha de cata

Cata de snacks de pan

Prueba **de izquierda a derecha** las muestras que se te han entregado (no olvides incluir el código) valorando cada parámetro del **1 al 7** de acuerdo a la siguiente escala:

Me gusta mucho	7
Me gusta	6
Me gusta un poco	5
Ni me gusta ni me disgusta	4
Me disgusta un poco	3
Me disgusta	2
Me disgusta mucho	1

	<i>MUESTRA 1</i>	<i>MUESTRA 2</i>	<i>MUESTRA 3</i>	<i>MUESTRA 4</i>	<i>MUESTRA 5</i>
CÓDIGO					
APARIENCIA					
COLOR CORTEZA					
OLOR					
TEXTURA					
COLOR MIGA					
SABOR					
REGUSTO					
IMPRESIÓN GLOBAL					

Ordena las muestras en función de tu preferencia:

La que **más**
me ha
gustado



La que
menos me
ha gustado

--	--	--	--	--

Sexo:

☐ Mujer

☐ Hombre

Año de nacimiento: _____

Estudios que estás cursando:

☐ IPPA

☐ IAMR

☐ Otros estudios

Frecuencia semanal de consumo de snacks de pan:

☐ Todos los días

☐ Varias veces a la semana

☐ Varias veces al mes

☐ Muy de vez en cuando

☐ Nunca

¿Conocías los alimentos que incluyen insectos?

☐ Sí ☐ No

¿Estarías dispuesto a comprarlos?

☐ Sí ☐ No

¡MUCHAS GRACIAS POR TU COLABORACIÓN!